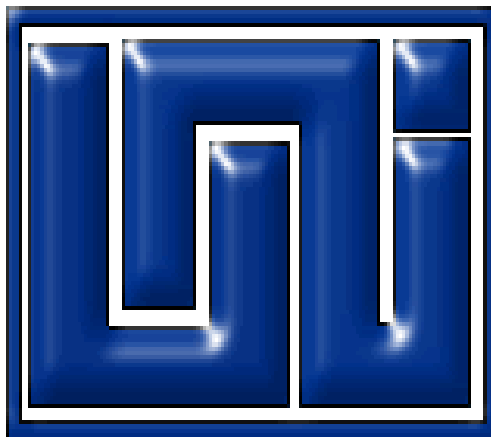


# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**ESTUDIO PARA LA OBTENCION DE QUERATINA A PARTIR DE PLUMAS  
DE POLLO CON LOS METODOS DE SULFURO DE SODIO Y BOROHIDRURO  
DE SODIO A NIVEL DE LABORATORIO.**

**TRABAJO DE DIPLOMA PRESENTADO POR:**

**Katia del Carmen Chávez Marín.  
Cristhian Arely Tenorio Hernández.**

**PARA OPTAR AL TITULO DE:**

**INGENIERO QUÍMICO**

**TUTOR**

**Msc. Denis Escorcía.**

Managua, Nicaragua  
Octubre 2014

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Agradecimiento.....	i
Dedicatoria.....	ii
Resumen.....	iii
I. INTRODUCCION.....	1
II. OBJETIVO.....	2
2.1. Objetivo General.....	2
2.2. Objetivos Específicos.....	2
III. MARCO TEORICO.....	3
3.1. Plumas.....	3
3.1.1. Estructura y características.....	3
3.1.2. Composición química.....	4
3.1.3. Clasificación.....	4
3.2. Las Proteínas.....	5
3.2.1. Características.....	6
3.2.2. Estructura.....	6
3.2.3. Propiedades químicas.....	10
3.3. Queratina.....	11
3.3.1. Generalidades.....	11
3.3.2. Tipos de queratina.....	12
3.3.3. Estructura de la queratina.....	13
3.3.4. Propiedades de la queratina.....	16
3.3.5. Propiedades físico-químicas de la queratina.....	16
3.3.6. Reacciones químicas de la queratina.....	16
3.3.7. Métodos de obtención de la queratina.....	17
3.3.8. Magnitudes de las soluciones.....	22
3.3.9. Usos de la queratina.....	24
IV. DISEÑO METODOLOGICO.....	25
4.1. Tipo de investigación.....	25
4.2. Materiales y métodos.....	25
4.2.1. Métodos.....	25
4.2.2. Lavado y secado de las plumas.....	26
4.2.2.1. Método I o del Sulfuro de sodio.....	26
4.2.2.2. Método II o del Borohidruro de sodio.....	26
4.2.3. Reactivos.....	26
4.2.3.1. Método I o del Sulfuro de sodio.....	26
4.2.3.2. Método II o del Borohidruro de sodio.....	27
4.3. Materiales y equipos de laboratorio.....	27
V. ANALISIS DE RESULTADOS.....	30
5.1. Datos de las muestras de plumas.....	30

5.1.1. Resultados de las caracterizaciones de las soluciones de queratina obtenidas en el método I.....	30
5.1.2. Resultados de las caracterizaciones de las soluciones de queratina obtenidas en el método II.....	37
VI. ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS.....	40
6.1. Determinación del método adecuado para la producción de queratina.....	40
VII. CONCLUSIONES.....	41
VIII. RECOMENDACIONES.....	42
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	43
X. ANEXOS.....	46
XI. GLOSARIO.....	66

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1</b>	Valores especificados para una solución acuosa de queratina de uso comercial según las magnitudes de las soluciones	23
<b>Tabla 2</b>	Equipos a utilizar para la parte experimental.	27
<b>Tabla 3</b>	Materiales a utilizar para la parte experimental.	28
<b>Tabla 4</b>	Características de la solución de queratina obtenida por el método I y queratina comercial a partir de plumas de gallina india a temperatura ambiente.	31
<b>Tabla 5</b>	Características de la solución de queratina obtenida por el método I y queratina comercial a partir de plumas de gallina india con una temperatura de 60°C	32
<b>Tabla 6</b>	Características de la solución de queratina obtenida por el método I y queratina comercial a partir de plumas de gallina india con una temperatura de 100°C	33
<b>Tabla 7</b>	Características de la solución de queratina obtenida por el método I y queratina comercial a partir de plumas de gallina blanca.	34
<b>Tabla 8</b>	Datos de la solución de queratina obtenida por el método I disuelta con crema base.	34
<b>Tabla 9</b>	Características de la solución de queratina obtenida por el método I y queratina comercial a partir de plumas de gallina blanca con temperatura de 100°C.	35
<b>Tabla 10</b>	Características de la solución de queratina obtenida por el método I y queratina comercial a partir de plumas de gallina blanca a temperatura ambiente.	36
<b>Tabla 11</b>	Características de la solución de queratina obtenida por el método II.	37
<b>Tabla 12</b>	Datos de la solución de queratina obtenida por el método II disuelta con crema base.	38
<b>Tabla 13</b>	Características de la solución de queratina obtenida por el método II y queratina comercial a partir de plumas de gallina blanca con agitación continúa.	38
<b>Tabla 14</b>	Características de la solución de queratina obtenida por el método II y queratina comercial a partir de plumas de gallina blanca con temperatura de 100°C con agitación continúa.	39

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b>	Partes de una pluma.	4
<b>Figura 2</b>	Diagrama comparativo de los diferentes tipos de plumas.	5
<b>Figura 3</b>	Reacción entre aminoácidos para formar el enlace peptídico.	6
<b>Figura 4</b>	Estructura primaria de las proteínas.	7
<b>Figura 5</b>	Estructura secundaria (alfa-helicoidal) de las proteínas.	7
<b>Figura 6</b>	Giro beta y estructura secundaria beta de las proteínas.	8
<b>Figura 7</b>	Estructura terciaria de las proteínas.	9
<b>Figura 8</b>	Estructura cuaternaria de las proteínas.	9
<b>Figura 9</b>	Desnaturalización reversible de la enzima ribonucleasa (1) y renaturalización (2).	10
<b>Figura 10</b>	Estructura de la fibra de queratina.	11
<b>Figura 11</b>	Dominios de la $\alpha$ -queratina tipo I y tipo II. Interacción de las cadenas polipeptídicas para formar filamentos.	12
<b>Figura 12</b>	Estructura de la Queratina.	14
<b>Figura 13</b>	Estructura primaria de la queratina.	14
<b>Figura 14</b>	Estructura secundaria, en $\alpha$ -hélice y en $\beta$ -plegada, de la queratina.	15
<b>Figura 15</b>	Estructura terciaria de la queratina.	15
<b>Figura 16</b>	Hidrólisis de la queratina.	17

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios que fue nuestra luz y fortaleza en nuestro camino, a nuestras madres que sin dudarlo nos regalaron parte de su tiempo, nos apoyaron incondicionalmente fueron nuestra fuerza para avanzar en los momentos difíciles.

A nuestro tutor MSc. Denis Escorcía por brindarnos su continua y cercana ayuda incondicional para que este trabajo monográfico pudiese ser desarrollado y concluido.

A todos ellos gracias porque hemos logrados terminar con éxito nuestro trabajo monográfico y la vez nuestra carrera. Y a todos aquellos que nos motivaron por seguir adelante.

**A Dios y Nuestras Madres.**

## RESUMEN

En el presente trabajo se estudiaron dos métodos adecuados para la producción de queratina hidrosoluble a partir de plumas de pollo los cuales son el método de sulfuro de sodio y borohidruro de sodio.

Se establecieron parámetros óptimos (tiempo de reacción, volumen y concentración), así como también la temperatura exacta para obtener un producto con características similares a las de una queratina cosmética, adquirida en el comercio.

Se varió las cantidades de  $\text{Na}_2\text{S}$  y de  $\text{H}_2\text{O}_2$  para establecer su efecto significativo en las siguientes características de la solución de queratina: contenido de sólidos, índice de refracción, densidad, porcentaje de rendimiento y viscosidad, encontrando por el método I mejores características que el segundo método del borohidruro de sodio

En la segunda fase de la investigación se eligió dos tipos de plumas, plumas de gallina de patio y plumas de gallina de granja en las que por sus características similares a las de la queratina comercial se eligió las plumas de gallina de granja debido a que estas se desintegraron mucho mejor que las plumas de gallina de patio.

Con la queratina obtenida se realizó pruebas en cabello para comprobar si esta funcionaba se logró notar que la queratina obtenida con plumas de gallinas blancas por el método del sulfuro de sodio dio un mejor resultado alisando y dando brillo al cabello.

Los resultados de los análisis de la queratina obtenida permitieron establecer las diferencias en cuanto a la calidad de la queratina comercial, el mejor método, la materia prima y los parámetros adecuados de obtención de queratina. El método I o del sulfuro de sodio a temperatura ambiente y con plumas de gallina de granja es el método apropiado de obtención, se obtuvo un resultado de 72% de rendimiento lo que indicó una mayor concentración de queratina y mejor calidad.



## **I. INTRODUCCIÓN**

Tradicionalmente Nicaragua ha sido un país avícola-ganadero con una actividad avícola atractiva en todo el país. La producción de carne de pollo en Nicaragua está concentrada en cuatro grandes empresas que generan el 96.45 % de la producción nacional, siendo estas: Tipo Top industrial con el 39.4%, avícola la estrella con el 21.05% e Indavinsa y Monisa con el 20 y 16 % respectivamente, localizadas en la zona del Pacífico. (El nuevo diario, 30 enero, 2013)

La producción de la industria avícola se ha desarrollado a ritmo acelerado en la última década, con crecimientos de 215% en la carne de pollo. En los últimos tres años se han realizado inversiones tanto en granjas como en plantas de procesamiento que han contribuido al mejoramiento tecnológicos lo que ha permitido que las aves se desarrollen en condiciones más favorables al climatizarles el ambiente así como un mejor sistema de alimentación, rigurosas medidas de inocuidad y sanidad.

La industria avícola en Nicaragua aporta el 3.5% del Producto Interno Bruto en este país. De acuerdo con el Banco Central de Nicaragua, el 79% de la producción nacional de pollo se destina al consumo interno, el 20% lo emplean las industrias que elaboran embutidos de pollo y el 1% se exporta. En Nicaragua, esta industria genera unas 41,280 plazas de trabajo, 1.7% de la PEA (Población Económicamente Activa). (La Prensa, Managua, 29 de septiembre, 2013)

Desde el punto de vista económico, esta industria genera ingresos al país; sin embargo, también produce un volumen considerable de residuos o desechos entre ellos gran cantidad de plumas que, al no ser aprovechados, acrecientan la problemática ambiental. Estos residuos (principalmente las plumas) contienen un alto porcentaje de queratina, lo que ha llevado a estimular una investigación centrada en el estudio de los posibles usos de estos desechos como materia prima para la obtención de queratina.

A su vez se desconoce la influencia de las variables de condiciones del proceso de obtención de la queratina en sus parámetros de calidad, ya que los métodos encontrados especifican las condiciones necesarias para su extracción y esto no permite saber si la calidad de la queratina aplicada en el área de la cosmética es de buen resultado.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1.Objetivo General**

Realizar el estudio para la obtención de queratina a partir de plumas de pollos con los métodos de Sulfuro de sodio y Borohidruro de sodio a nivel de laboratorio.

### **2.2.Objetivos Específicos**

- Evaluar cuál de los métodos de obtención es más apropiado para obtener la queratina.
- Establecer los parámetros óptimos (tiempo de reacción, volumen y concentración) a variación de temperatura, para el proceso de obtención de queratina a nivel de laboratorio, a partir de plumas de pollos como materia prima.
- Comparar los resultados obtenidos con cada método conocido para la obtención de queratina en referencia a las características de la queratina cosmética.

### III. MARCO TEORICO

#### 3.1.Plumas

Las plumas son estructuras queratinosas de la piel de las aves, son prácticamente proteína pura, en su mayoría queratina. Los métodos modernos de procesado hidrolizan parcialmente la proteína. Las plumas constituyen otro ejemplo del aprovechamiento de los subproductos. Cuando dicha materia se desecha produce contaminación al ambiente. En general constituyen un inconveniente, mientras que si se aprovechan debidamente, son una fuente más de ingresos. (Wikipedia 2013).

Las plumas están formadas por un cañón o raquis, con el que se insertan al cuerpo, y un estandarte formado por barbas dispuestas a los lados del raquis. De las barbas salen unas barbillas que pueden engancharse entre sí.

Las plumas se mantienen impermeables gracias a una sustancia lipídica segregada por una glándula cercana a la rabadilla, denominada glándula uropigea. El ave recoge la secreción con el pico y la extiende por todo el cuerpo.

##### 3.1.1. Estructura y características

Las plumas son los apéndices tegumentarios más complejos que se encuentran en los vertebrados y se forman en pequeñas papilas o folículos pequeños de la epidermis, o capa externa de la piel, que producen proteínas de queratina. Las  $\beta$ -queratinas de las plumas, pico y garras de las aves al igual que las garras, escamas y caparazones de los reptiles están compuestas por cadenas de proteínas unidas por puentes de hidrógeno formando  $\beta$ -láminas, que son estructuras más retorcidas e interconectadas por puentes disulfuro por lo que son más resistentes incluso que las  $\alpha$ -queratinas del pelo, cuernos y pezuñas de los mamíferos.

Aunque las plumas son ligeras, el total del plumaje de un ave suele pesar el doble o el triple del peso de su esqueleto, ya que la mayoría de sus huesos están huecos y contienen sacos de aire.

**Figura 1:** Partes de una pluma



Fuente: (Wikipedia, 2013)

En la Figura 1 se presenta el esquema de una pluma. El eje de la pluma está dividido en dos partes: el cálamo y el raquis. El cálamo o cañón es la parte inferior y hueca con la que se inserta al cuerpo. El cañón tiene dos orificios denominados ombligos. El ombligo inferior está el extremo basal del cálamo, es por donde penetra la papila de la pluma durante su desarrollo para alimentarla, y el ombligo superior es el orificio por donde inicialmente surgió la parte laminar de la pluma.

Ésta está dispuesta a ambos lados del raquis y se denomina estandarte o vexilo, está formado por ramificaciones paralelas llamadas barbas. Las barbas a su vez se ramifican perpendicularmente en barbillas o bárbulas que también están ramificadas en ganchillos, encargados de engancharse con los ganchillos de las barbillas colindantes. La parte superior del estandarte que queda perfectamente unida y ordenada mediante el entrelazado de los ganchillos se denomina parte plumáceas, mientras que la parte inferior de la pluma cuyas barbas están separadas y desordenadas, porque sus barbillas tienen pocos o ningún ganchillo, se denomina parte plumosa.

### **3.1.2. Composición química**

El componente fundamental de la fracción proteica de las plumas es la proteína denominada queratina.

### **3.1.3. Clasificación**

Según sea su estructura, posición y función, existen diferentes clases de plumas:

**Timoneras o rectrices:** son las plumas que forman la cola y su estandarte es simétrico, se insertan a la altura de las últimas vértebras caudales.

**Remeras o rémiges:** son las plumas del ala y su estandarte es asimétrico. Las que se insertan hacia el extremo más exterior del ala se llaman primarias, a continuación se insertan las secundarias, sobre el radio, mientras que las más cercanas a la base del ala, insertadas en el húmero, son la terciario. Las plumas del álula se insertan sobre el pulgar vestigial.

**Plumas típicas o de contorno:** son plumas con raquis desarrollado planas, largas y ordenadas.

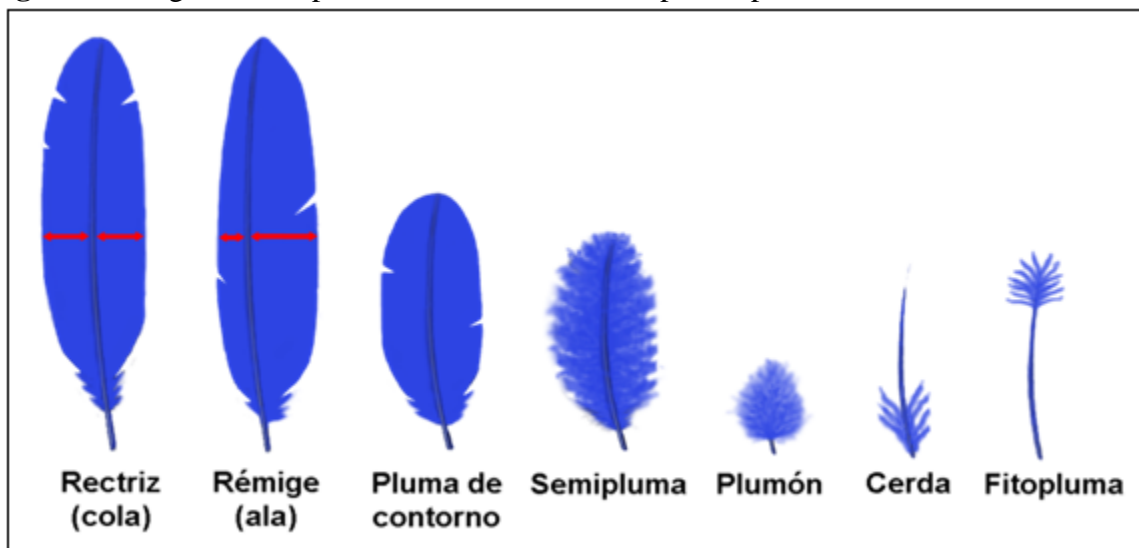
**Semiplumas:** son plumas intermedias entre las de contorno y el plumón, tienen raquis más largo que la más larga de sus barbas, pero estas están libres y desordenadas como el plumón.

**Plumas polvorientas o plumón polvoriento:** es un tipo especial de pluma que tienen algunas aves cuya función es producir y acumular un polvo fino con el que el ave se acicala.

**Cerdas:** son plumas de raquis rígido y pocas barbas situadas principalmente en la base. Su función es principalmente sensorial.

**Fitoplumas:** plumas suaves con barbas únicamente en el extremo final. Tienen funciones sensoriales y ornamentales

**Figura 2:** Diagrama comparativo de los diferentes tipos de plumas



Fuente: (Wikipedia, 2013)

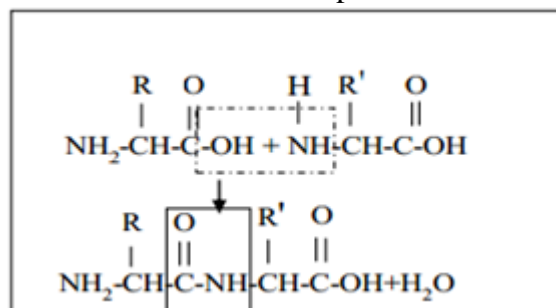
### 3.2. Las proteínas

Son biopolímeros, formados por gran número de unidades estructurales repetitivas, debido a su gran tamaño, cuando estas moléculas se dispersan en un disolvente adecuado, forman siempre dispersiones coloidales, con características que las diferencian de las disoluciones de moléculas más pequeñas. (Champe, Harvey, Ferrier, 2007.)

### 3.2.1. Características

Las proteínas son largas cadenas de aminoácidos unidas por enlaces peptídicos, entre el grupo carboxilo (-COOH) y el grupo amino (-NH<sub>2</sub>) de residuos de aminoácido adyacentes.

**Figura 3:** Reacción entre aminoácidos para formar el enlace peptídico



Fuente: (Champe, Harvey, Ferrier, 2007.).

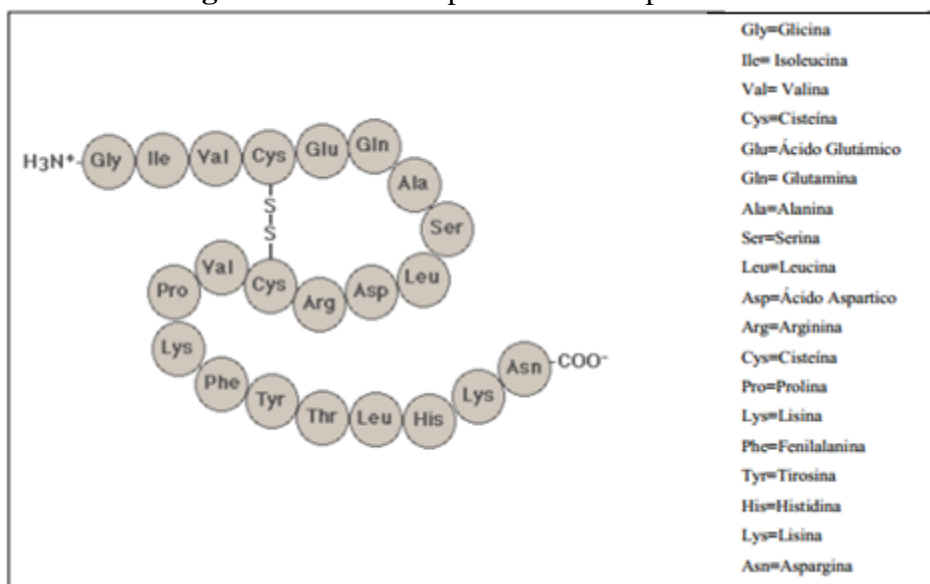
Por hidrólisis, las moléculas de proteína se dividen en numerosos compuestos relativamente simples, de masa molecular pequeña, que son las unidades fundamentales constituyentes de la macromolécula, estas unidades son los aminoácidos, de los cuales existen veinte especies diferentes y que se unen entre sí mediante enlaces peptídicos. Cientos y miles de estos aminoácidos pueden participar en la formación de la gran molécula polimérica de una proteína. (Champe, Harvey, Ferrier, 2007)

### 3.2.2. Estructura

La organización de una proteína viene definida por cuatro niveles estructurales denominados: estructura primaria, estructura secundaria, estructura terciaria y estructura cuaternaria. Cada una de estas estructuras informa de la disposición de la anterior en el espacio. (Champe, Harvey, Ferrier, 2007.)

- a) Estructura primaria.- La estructura primaria es la secuencia de aminoácidos de la proteína. Nos indica qué aminoácidos componen la cadena polipeptídica y el orden en que dichos aminoácidos se encuentran. La función de una proteína depende de su secuencia y de la forma que ésta adopte.

**Figura 4:** Estructura primaria de las proteínas.

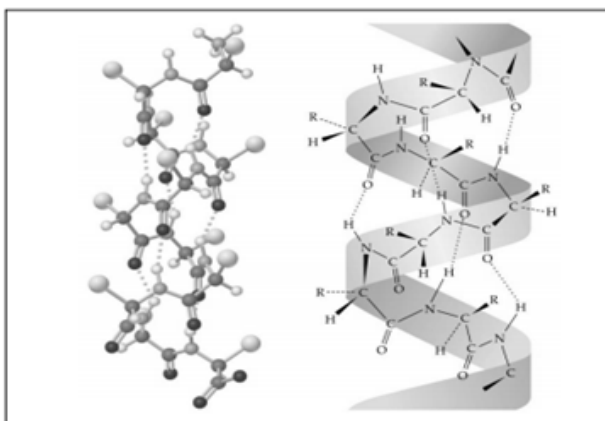


Fuente: (Benítez, 2008)

- b) Estructura secundaria.- La estructura secundaria es la disposición de la secuencia de aminoácidos en el espacio. Los aminoácidos, a medida que van siendo enlazados durante la síntesis de proteínas y gracias a la capacidad de giro de sus enlaces, adquieren una disposición espacial estable, la estructura secundaria. Existen dos tipos de estructura secundaria:

- La estructura alfa-hélice.- Esta estructura se forma al enrollarse helicoidalmente sobre sí misma la estructura primaria. Se debe a la formación de enlaces de hidrógeno entre el  $-C=O$  de un aminoácido y el  $-NH-$  del cuarto aminoácido que le sigue.

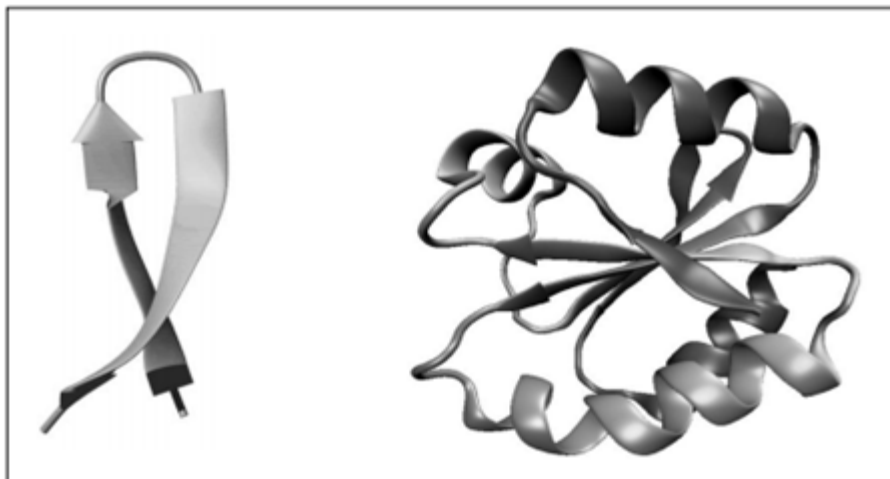
**Figura 5:** Estructura secundaria (alfa-helicoidal) de las proteínas.



Fuente: (Benítez, 2008)

- La estructura beta.-En esta disposición los aminoácidos no forman una hélice sino una cadena en forma de zigzag, denominada disposición en lámina plegada. Esta estructura secundaria presenta la queratina de la seda o fibrina.

**Figura 6:** Giro beta y estructura secundaria beta de las proteínas.



Fuente: (Benítez, 2008)

El giro beta permite un cambio de dirección de la cadena peptídica, necesario para que adopte una estructura más compacta y las hebras beta están representadas como flechas, conectadas a través de dobleces y giros beta.

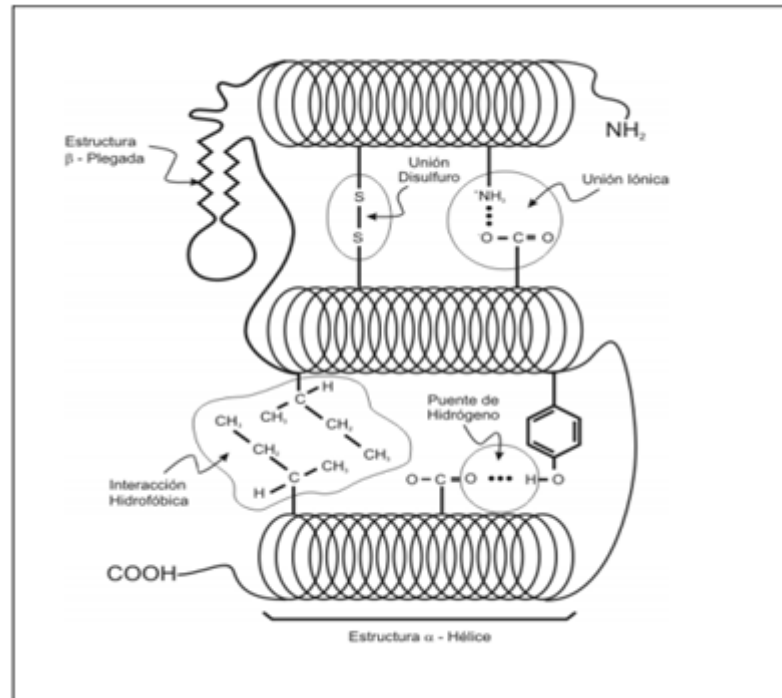
- c) Estructura terciaria: Esta corresponde a la disposición de la estructura secundaria de un polipéptido al plegarse sobre sí misma originando una conformación globular, la que facilita la solubilidad en agua y así realizar funciones de transporte, enzimáticas, hormonales, etc.

Esta conformación globular se mantiene estable gracias a la existencia de enlaces entre los radicales R de los aminoácidos. Los varios tipos de enlaces son:

- Unión disulfuro entre los radicales de aminoácidos que tienen azufre.
- Puentes de hidrógeno.
- Unión iónica.
- Interacciones hidrófobas.



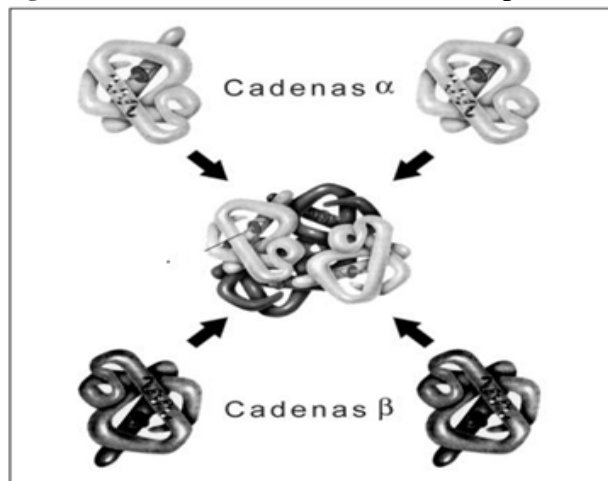
**Figura 7:** Estructura terciaria de las proteínas.



Fuente: (Genoma, 2010)

- d) Estructura cuaternaria: Esta corresponde al complejo proteico, formado por enlaces débiles (no covalentes) de varias cadenas polipeptídicas con estructura terciaria. Cada una de las cadenas polipeptídicas recibe el nombre de protómero. El número de protómeros varía desde dos, (como en la hexoquinasa); cuatro (como en la hemoglobina), o muchos, (como la cápsida del virus de la poliomielitis, que tiene sesenta unidades proteicas).

**Figura 8:** Estructura cuaternaria de las proteínas.



Fuente: (Genoma, 2010)

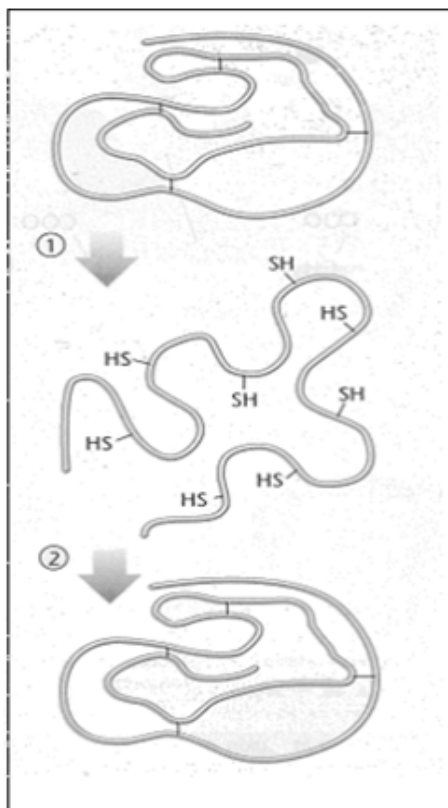
La estructura anterior corresponde a la molécula de hemoglobina. Formada por dos cadenas de  $\alpha$ -hemoglobina y dos cadenas de  $\beta$ -hemoglobina. Cada cadena transporta una molécula de oxígeno. (Genomasur, 2010)

### 3.2.3. Propiedades químicas

Desnaturalización y renaturalización, la desnaturalización de una proteína se refiere a la ruptura de los enlaces que mantenían sus estructuras cuaternaria, terciaria y secundaria, conservándose solamente la primaria. En estos casos las proteínas se transforman en filamentos lineales y delgados que se entrelazan hasta formar compuestos fibrosos e insolubles en agua. Los agentes que pueden desnaturalizar a una proteína pueden ser: calor excesivo; sustancias que modifican el pH; alteraciones en la concentración; alta salinidad; agitación molecular; etc. El efecto más visible de éste fenómeno es que las proteínas se hacen menos solubles o insolubles y que pierden su actividad biológica.

La mayor parte de las proteínas experimentan desnaturalizaciones cuando se calientan entre 50 y 60 °C; otras se desnaturalizan también cuando se enfrían por debajo de los 10 a 15 °C. La desnaturalización puede ser reversible (renaturalización) pero en muchos casos es irreversible. (Kerstetter, (2005).

**Figura 9:** Desnaturalización reversible de la enzima ribonucleasa (1) y renaturalización (2).



Fuente: (González, 2010)

### 3.3. Queratina

#### 3.3.1. Generalidades

El término queratina viene de la palabra griega *κερατίνη*, “keros” q significa cuernos, tiene su origen en el olor a cuerno quemado que desprende cuando se quema. Su fórmula química es  $C_2OH_{24}N_2O_2$ .

Es una proteína con estructura fibrosa, muy rica en azufre, que constituye el componente principal que forman las capas más externas de la epidermis de los vertebrados y de otros órganos derivados del ectodermo como el pelo, uñas, plumas, cuernos, y pezuñas. (Wikipedia 2013).

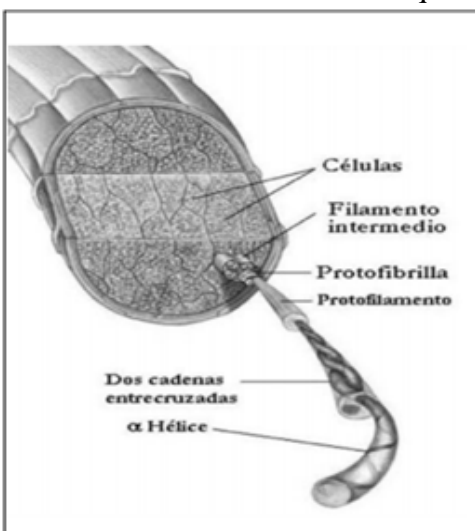
Existe la queratina en su forma blanda como la que podemos observar en la piel, y también la queratina dura que podemos encontrar en el cabello y las uñas.

La queratina es una proteína fibrosa, flexible y fuerte, es el principal bloque constructor del pelo, la piel y las uñas. El cabello humano está constituido en un 96% de queratina. Con el tiempo, como la piel, el cabello humano envejece y se debilita: pierde su queratina y por lo tanto su resistencia. Esta proteína desempeña un papel decisivo porque es el cemento del cabello humano. Esta es lo que le confiere la fuerza y su carácter impermeable.

La queratina suele derivarse de fuentes naturales como la lana de oveja, las plumas de aves y pezuñas de animales para su uso como agente de refuerzo en productos de belleza, tanto en cosméticos, en cremas alisadoras para el cabello así como también en tratamientos para reforzar el cabello.

La queratina está compuesta básicamente por un aminoácido de alto contenido de azufre. Las queratinas duras contienen entre un 15 o un 18% de azufre, mientras que las blandas sólo tienen entre un 2 y un 4%.

**Figura 10:** Estructura de la fibra de queratina.



Fuente: (Dvorkin, 2010)

### 3.3.2. Tipos de queratina

El término queratina designa dos grandes grupos de proteínas, evolutivamente distintos, las alfa queratinas y las betas queratinas, cuya estructura y localización son completamente distintas:

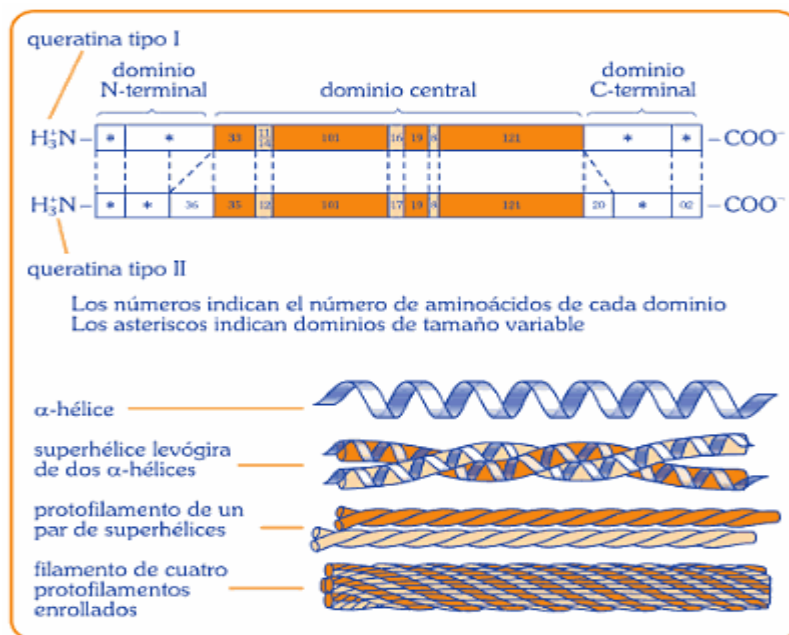
- La **queratina alfa**
- La **queratina beta**

#### Queratina alfa

Se encuentran en la capa epidérmica de la piel, en las uñas y el pelo. En las células epiteliales las moléculas de queratina forman los filamentos de queratina, que son filamentos intermedios citoplasmáticos; existen más de 20 tipos distintos de queratinas en los epitelios humanos. Además, hay al menos otros ocho tipos de queratinas específicas del pelo y las uñas.

Como indica su nombre, la estructura de la  $\alpha$ -queratina es mayoritariamente  $\alpha$ -helicoidal. La cadena polipeptídica presenta una zona central esencialmente de  $\alpha$ -hélice dextrógira de unos 311 a 314 residuos de aminoácidos, flanqueada por dominio N- y C-terminales no helicoidales de longitud y composición variable.

**Figura 11:** Dominios de la  $\alpha$ -queratina tipo I y tipo II. Interacción de las cadenas polipeptídicas para formar filamentos.



Fuente: (Wikipedia 2013.)

Su masa molecular varía entre 40 y 70 kDa. Si se considera la secuencia de aminoácidos, existen dos tipos de queratinas: tipo I o ácidas y tipo II o neutras/básicas. Solo los heterodímeros formados por  $\alpha$ -queratinas de tipo I y tipo II pueden formar filamentos, no así las del mismo tipo.

La estructura del dominio central  $\alpha$ -helicoidal de una  $\alpha$ -queratina estándar consiste en un par de cadenas polipeptídicas que se arrollan para formar una superhélice levógira; pares de estas superhélice se arrollan para formar un protofilamento de cuatro cadenas polipeptídicas, como sucede en el pelo; cuatro de estos protofilamento forman un filamento.

Las hélices se estabilizan por interacciones hidrofóbicas y enlaces salinos. En la región central  $\alpha$ -helicoidal de las cadenas polipeptídicas de la  $\alpha$ -queratina existen repeticiones de segmentos de siete aminoácidos (a-b-c-d-e-f-g), en las que los aminoácidos primero (a) y cuatro (d) son hidrófobos y, debido al paso de hélice de las  $\alpha$ -hélices, se disponen hacia el mismo lado de la hélice, favoreciéndose su interacción con aminoácidos equivalentes de otra cadena polipeptídica  $\alpha$ -helicoidal; es la formación de las superhélice levógira. En otras formas de queratinas, los enlaces cruzados disulfuro entre residuos de cisteína rigidez y resistencia, además de ser inextensible e insoluble, la cual es esencial para estructuras tales como el pelo, uñas, garras o cuernos de los animales. (Bioquímica E. 2006)

### **Queratina beta**

Esta no presenta cisteína, por lo tanto, puentes disulfuro tampoco. La queratina de tipo beta es inextensible (a diferencia de la queratina tipo alfa) y la podemos encontrar, por ejemplo, en la tela de araña. (Wikipedia 2013).

La  $\beta$ - queratinas se encuentran en las fibras de la seda, escamas, lumas, garras y picos de reptiles y pájaros. Tienen estructura en lámina plegada en conformación  $\beta$ , y poseen aminoácidos con cadenas laterales relativamente pequeñas, por lo que son ricas en glicina, alanina y serina; el pequeño tamaño de las cadenas laterales de estos aminoácidos hace posible que las láminas u hojas-  $\beta$  se sitúen próximas. (Bioquímica E. 2006)

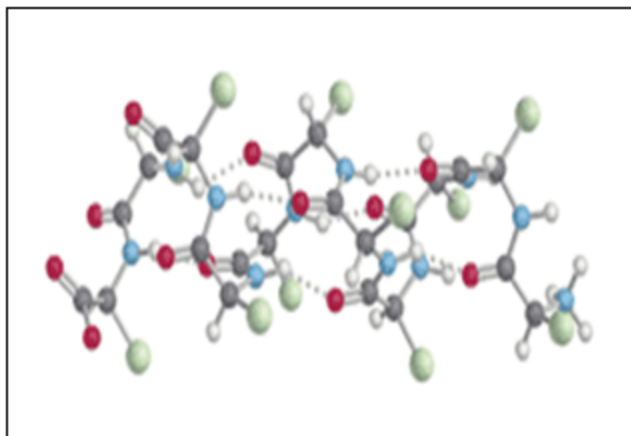
### **3.3.3. Estructura de la Queratina.**

Para graficarnos un poco a la queratina, podemos decir que se trata de un entramado de hebras que se ensamblan y torsionan dando lugar a una especie de cuerda que vuelve a su vez a ensamblarse con otras cuerdas y de ese modo van constituyendo una cuerda de gran tamaño, casi finalmente a la manera de aquellas que sirven para amarrar los barcos.

Esta estructura mantiene su forma tan particular gracias a sus puentes de hidrógeno y a las fuerzas hidrofóbicas, que son las que mantienen a los aminoácidos de esa proteína unidos. El modo de conformación del tallo capilar, donde la queratina forma escamas haciéndole de protección, es la estructura que hace que el cabello sea tan fuerte, tan firme y resistente pese a su mínimo espesor de una décima de milímetro.

La cutícula es la parte responsable de proteger al cabello en su interior y está formada por células compuestas de queratina que interviene en características como el color y el brillo.

**Figura 12:** Estructura de la Queratina

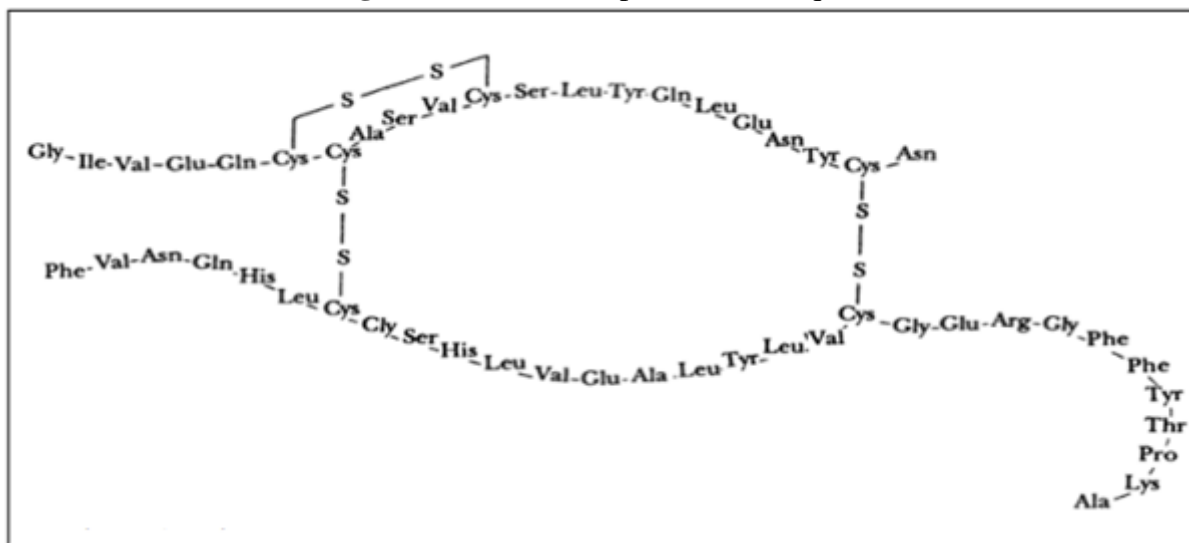


Fuente: (Wikipedia 2013)

Existen tres tipos de estructuras de la queratina:

- a) **Estructura primaria:** Esta es fundamental para la forma tridimensional de la proteína, cualquier modificación en la secuencia de aminoácidos podría ocasionar un cambio en la estructura tridimensional y afectará la función biológica. (Chamizo J. 1994).

**Figura 13:** Estructura primaria de la queratina.

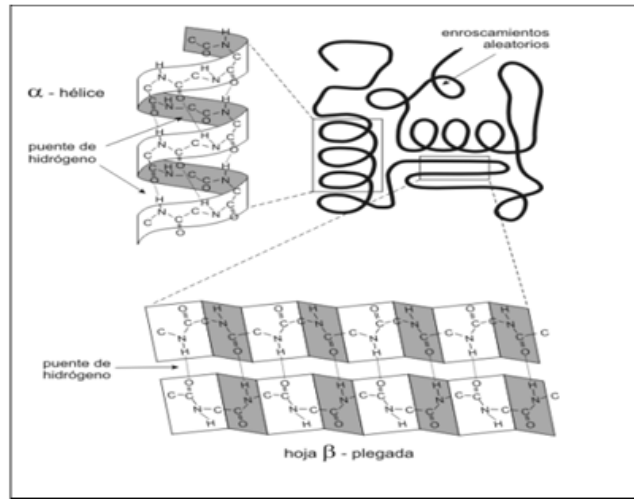


Fuente: (Benítez, 2008)

Los aminoácidos más abundantes presentes en la queratina son: Glicina 21,5% (Gli), Fenilalanina 3,9% (Fen), Alanina 11% (Ala), Ácido aspártico 9,3% (Asp), Cisteína 12,2% (CiSH), Lisina 7,3% (Lis), Prolina 2,3% (Pro), Valina 4,2% (Val), Leucina 3,2% (Leu), Isoleucina 1,2% (Ile) Treonina 4,8% (Tre), Otras.19, 1%.

- b) **Estructura secundaria:** A medida que la cadena de aminoácidos de queratina se va ensamblando, empiezan a tener lugar interacciones entre los diversos aminoácidos de la cadena. Pueden formarse puentes de hidrógeno, entre el hidrógeno del amino de un aminoácido y el oxígeno del carboxilo de otro.

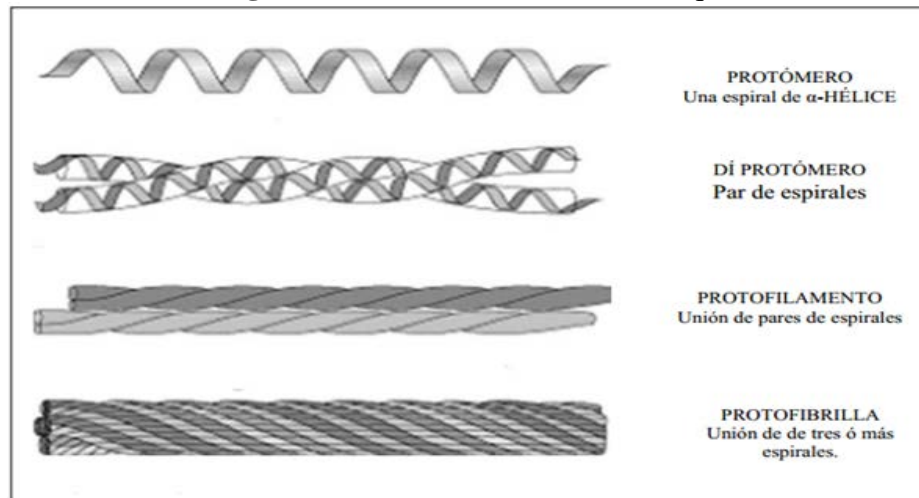
**Figura 14:** estructura secundaria, en  $\alpha$ -hélice y en  $\beta$ -plegada, de la queratina.



Fuente: (Benítez, 2008)

- c) **Estructura terciaria:** Debido a la interacción de los grupos R de los aminoácidos, la cadena polipeptídica se pliega determinando una intrincada estructura tridimensional.

**Figura 15:** Estructura terciaria de la queratina.



Fuente: (Benítez, 2008)

Los protómeros de queratina se unen entre sí para formar dímeros. El dímero es el primer precursor de la gran molécula de la queratina en el que entran en juego varias proteínas. La unión no tiene lugar de cualquier manera, sino de una forma muy concreta: una subunidad ácida se unirá con una subunidad básica. De esta forma, la macromolécula acabará teniendo la misma proporción de subunidades básicas que de subunidades ácidas.



Posteriormente, dos dímeros se unirán entre sí para formar tetrámeros. Multitud de tetrámeros se unen entre sí, unos detrás de otros, dando lugar a los protofilamentos, varios protofilamentos se unen entre sí, en grupos de unos cuatro protofilamentos, formando una protofibrilla, a partir de estas protofibrillas bien cohesionadas se formarán las grandes moléculas de queratina uniéndose muchas subunidades y torsionándose formando un trenzado.

### 3.3.4. Propiedades de la Queratina

La queratina confiere a los cabellos su carácter impermeable. Las películas son trozos de queratina que mantienen protegido al cabello.

La queratina es una proteína fabricada por los Queratinocitos, las células se encuentran en la capa profunda de la epidermis.

La queratina es también la que da al cabello su propiedad elástica. Cuando el cabello se alarga en exceso, la queratina se transforma, se desarrolla en forma de b-queratina y el cabello termina inevitablemente por romperse.

### 3.3.5. Propiedades Físico-químicas de la Queratina

La queratina constituye el 80 y el 85% de los productos nitrogenados de la pluma, pertenece al grupo de las escleroproteínas de tipo fibrosas, es rica en azufre y cisteína, estas son insolubles en agua fría, aun en presencia de ácidos o de bases diluidas, por otra parte son resistentes a la hidrólisis de las proteasas.

Las características de resistencia de la queratina están en relación con su riqueza en cistina lo que le confiere, después de la formación de puentes inter e intra-peptídicos de tipo covalente, una estructura terciaria en forma de hélices entrelazadas las unas a las otras (Menassa, 1982).

Las propiedades de resistencia de la queratina se deben en parte a su composición molecular (*c.f.* Bioquímica). Esta composición explica la dificultad para degradar las proteínas debido al gran número de enlaces que se necesitan romper. La ruptura de los puentes disulfuro entre los residuos de cisteína es necesaria antes de cualquier tratamiento.

### 3.3.6. Reacciones químicas de la queratina

La queratina presenta propiedades exclusivas como proteína debido a la presencia de enlaces tales como:

**Enlaces amídicos:** Unen un aminoácido con otro para formar la cadena principal, son muy sólidos y solo se rompen con soluciones acuosas concentradas de ácidos y bases fuertes.



**Puentes salinos:** se forman entre los grupos de ácidos y básicos de las cadenas laterales. Cuando estos grupos sobrantes no forman enlace amídico, están cerca uno del otro, se origina una atracción entre sus cargas o atracciones electromagnéticas.

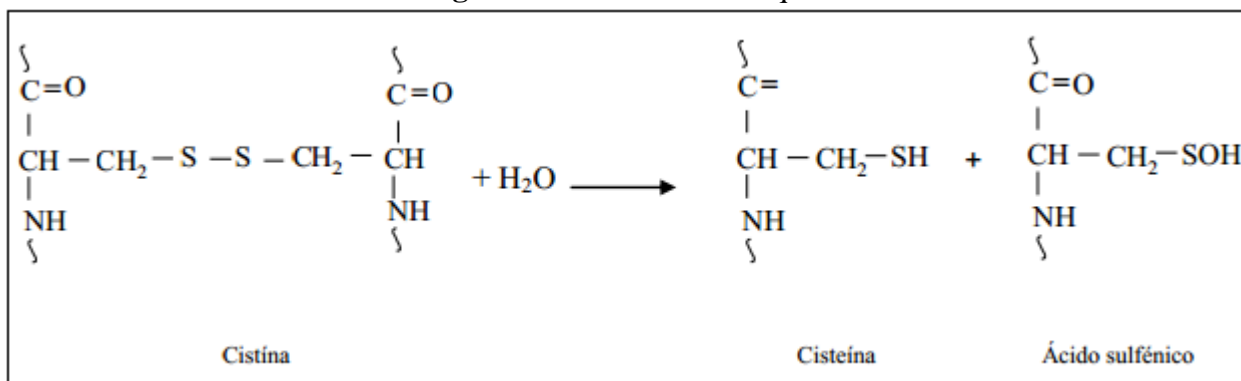
**Enlaces di sulfuro:** es la unión que existe entre los dos átomos de azufre de la molécula de cistina. Esta unión es fuerte y en la molécula de alfa-queratina suele existir un puente de este tipo cada cuatro vueltas de la espiral.

**Puentes de hidrógeno:** se originan por la atracción de átomos con polaridad negativa al hidrógeno con polaridad positiva. Por estos puentes las cadenas no son rectilíneas sino helicoides, girando sobre sí misma como una cinta enrollada. Esta es el alfa-queratina. Estas uniones son débiles en relación a la unión de los aminoácidos y se rompen con facilidad, cuando se mojan con agua, o por estiramiento. Las cadenas que toman así una forma aplanada o estirada, esta forma es la beta-queratina que no es estable y el cabello tiende a recuperar la posición alfa-queratina. (Wilkins, Moore, & Rodríguez, 1990).

### 3.3.7. Métodos de obtención de la queratina

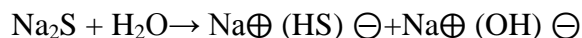
- a) **Hidrólisis de la queratina:** La queratina con agua da una hidrólisis de los enlaces disulfuro de la cisteína para producir la cisteína (tiol) y ácido sulfénico.

**Figura 16:** hidrólisis de la queratina.



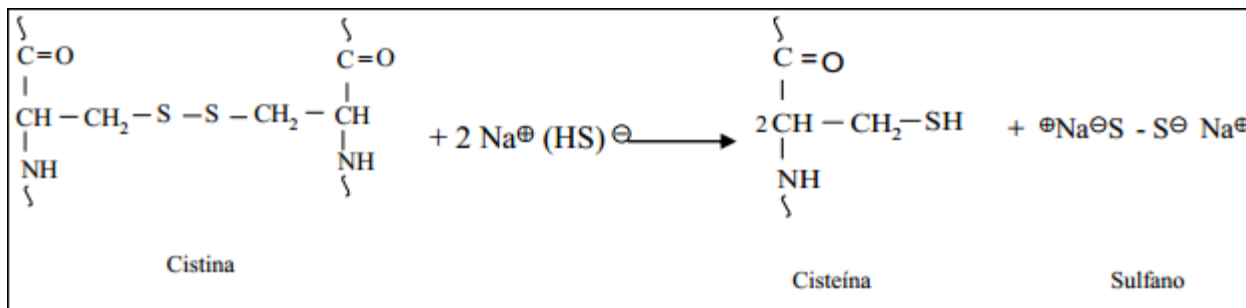
- b) **Reducción de la queratina con sulfuro de sodio.-** Con el Na<sub>2</sub>S se favorece la degradación de la queratina, mediante las siguientes reacciones consecutivas:

Cuando el Na<sub>2</sub>S se disuelve en agua, se produce el NaHS y el medio es básico.



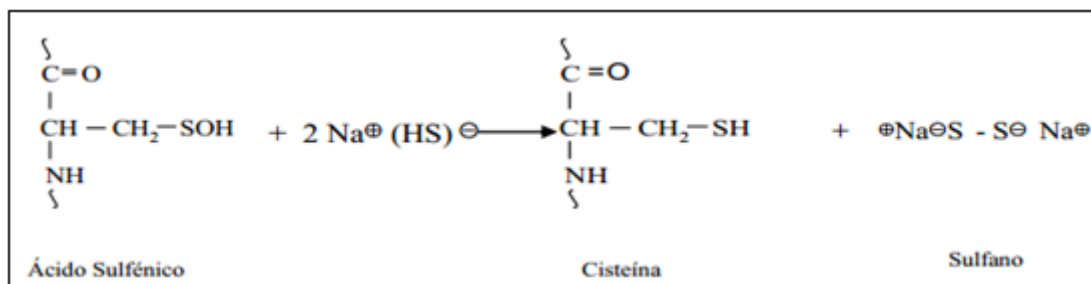
El NaHS reduce la cistina a cisteína

Reducción de la queratina con sulfuro de sodio

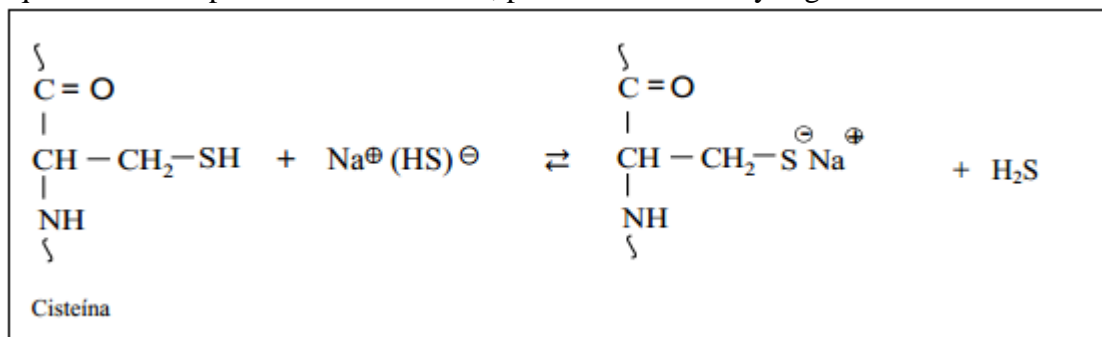


También el NaHS reduce a los ácidos sulfénicos, ayudando a la hidrólisis.

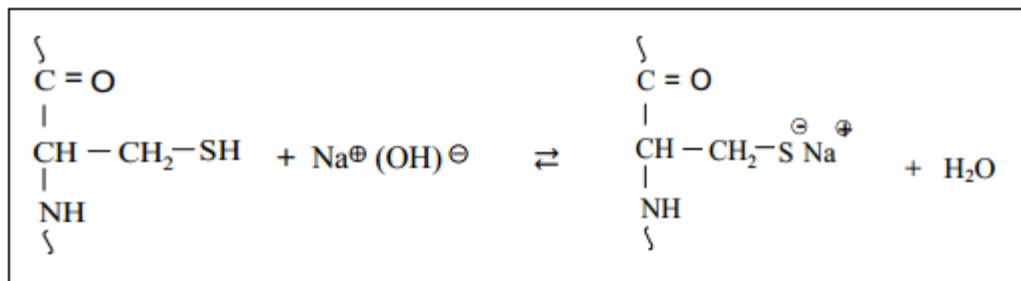
Reducción de ácidos sulfénicos



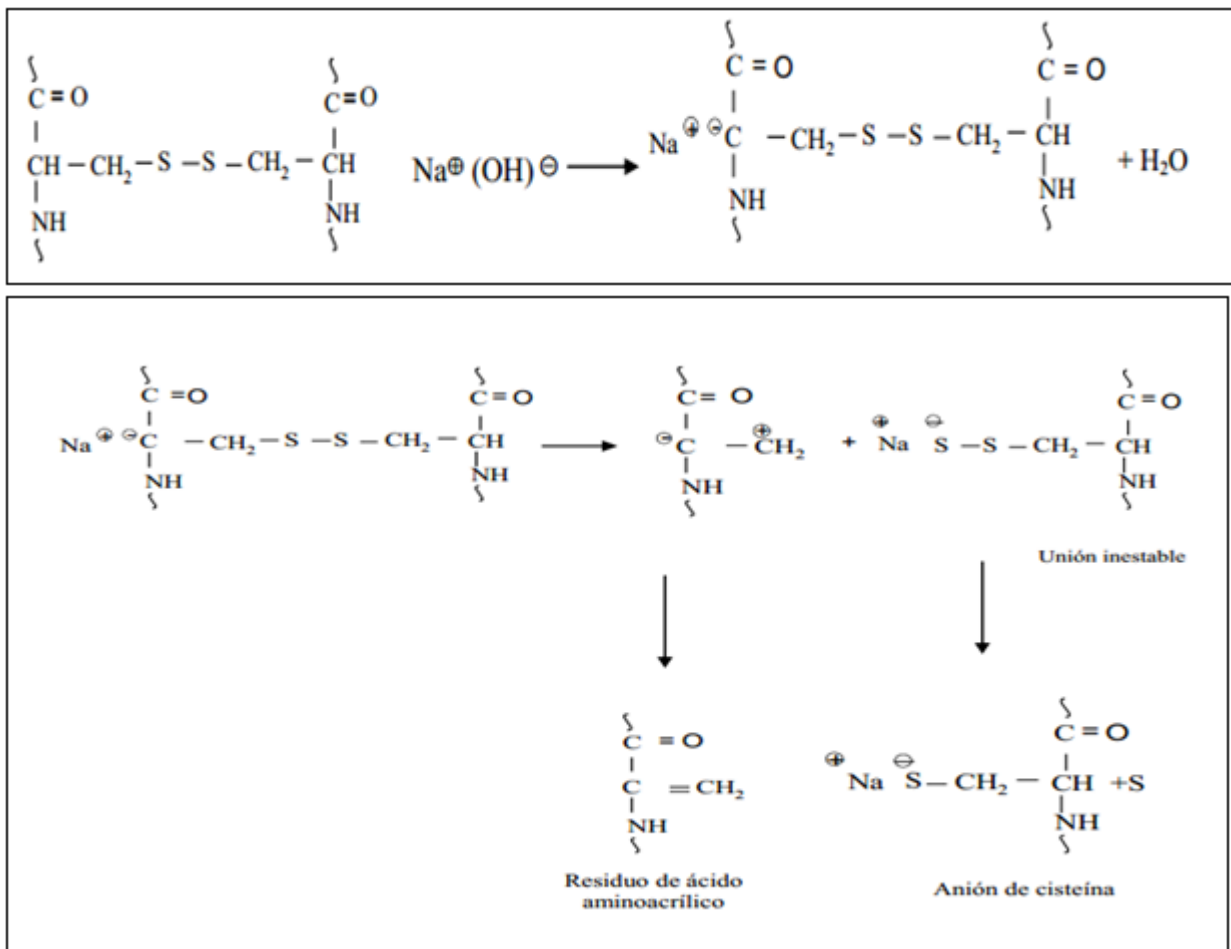
El NaHS propicia al equilibrio siguiente, pero como el H<sub>2</sub>S es gas y sale del sistema, el equilibrio se desplaza hacia la derecha, produciendo un mayor gasto del NaHS.



Además, el medio básico favorece la siguiente neutralización.

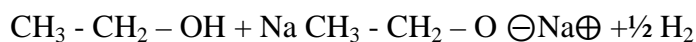


Por otro lado, la presencia de la base hidróxido da otras reacciones, que corresponden al rompimiento de los grupos disulfuro de la queratina.

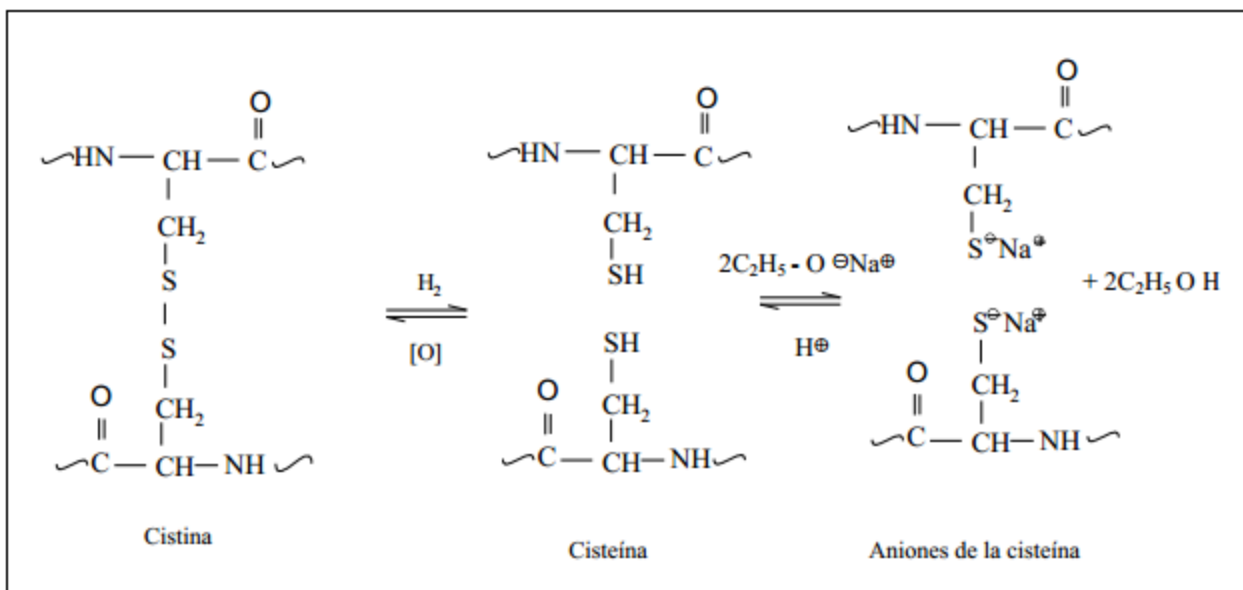


Por lo tanto, como los puentes de disulfuro forman los retículos entre las cadenas polipeptídicas, la estructura reticulada de la queratina es insoluble en agua. Con la solución acuosa de  $\text{Na}_2\text{S}$  se generan tres maneras de romper los puentes de disulfuro, ya indicados, estos son: a) Mediante reducción con  $\text{NaHS}$ ; b) Por acción del agua, ósea por hidrólisis; c) reacción ácido-base con el  $\text{NaOH}$  generado en la hidrólisis del  $\text{Na}_2\text{S}$ .

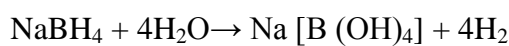
- c) **Reducción de la queratina con el etóxido de sodio:** El sodio reacciona con el etanol absoluto de forma controlada produciendo hidrógeno gaseoso, el cual es el agente reductor, de los grupos disulfuro de la queratina.



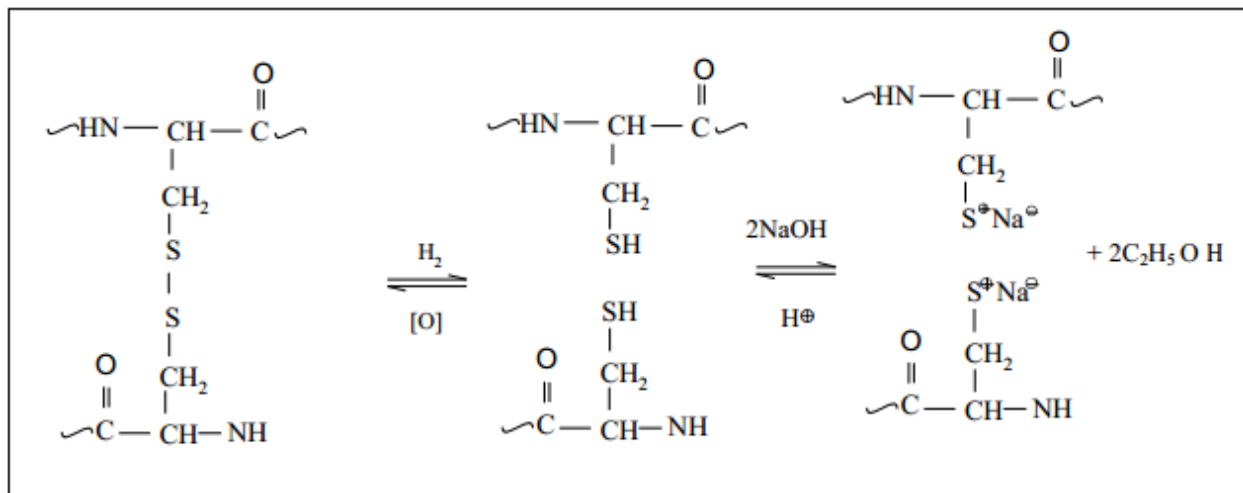
Al igual que el  $\text{NaOH}$  el etóxido de sodio, que es una base, más fuerte, puede producir las reacciones del mecanismo de Swan, del rompimiento de los enlaces disulfuro, indicados a continuación:



- d) **Reducción de la queratina con borohidruro de sodio:** El borohidruro de sodio ( $NaBH_4$ ) reacciona con el agua liberando hidrógeno.



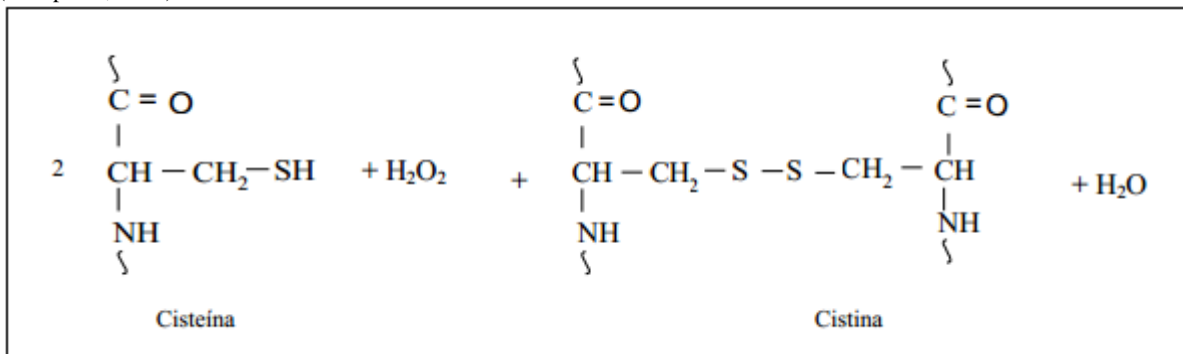
El hidrógeno generado reacciona con los grupos disulfuro de la queratina, en la forma indicada anteriormente.



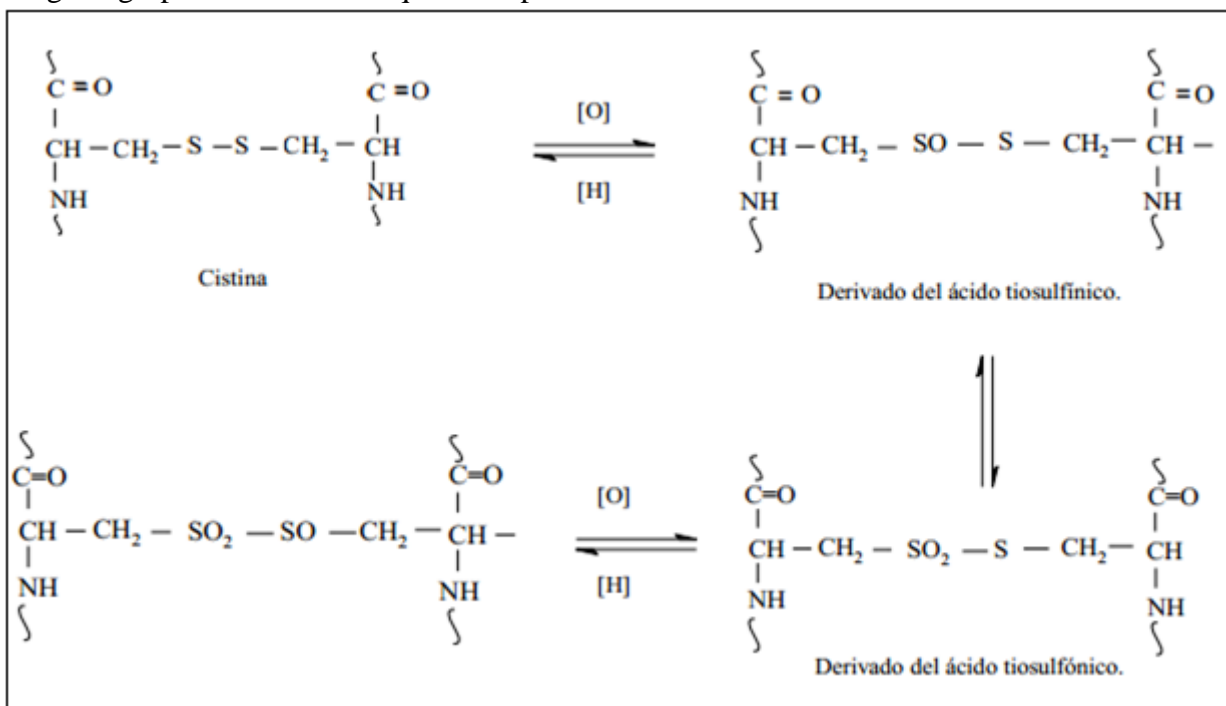
- e) **Oxidación de la cisteína y de la cistina.-** Varios productos oxidantes se pueden emplear para la modificación de enlaces en las proteínas pero sólo, el peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) ha prevalecido sobre los demás, porque su acción se manifiesta únicamente sobre el enlace disulfuro y no modifica la longitud y composición de las cadenas polipeptídicas.

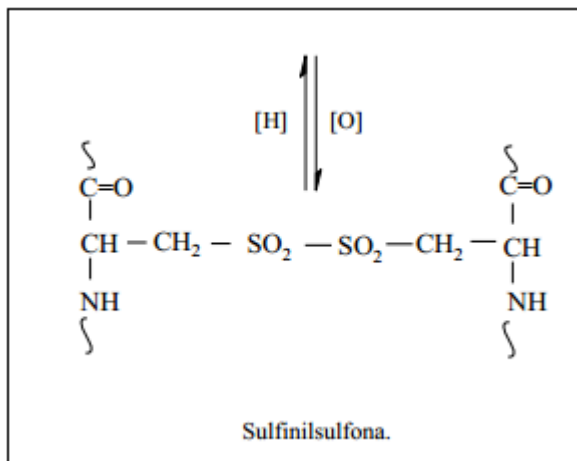
La oxidación con  $\text{H}_2\text{O}_2$  se realiza en medio alcalino (el más corriente) o en medio ácido (es necesaria la ausencia de impurezas metálicas, por su efecto catalítico en la descomposición del peróxido). (Gacén Guillén, 1976).

El grupo sulhidrido (-SH) de la cisteína es muy reactivo. La reacción más común es una oxidación reversible que forma un disulfuro. La oxidación de dos moléculas que contiene cisteína forma cistina, que contienen el enlace disulfuro. El enlace puede producirse en una única cadena para formar un anillo o entre dos cadenas separadas para formar un puente intermolecular. Los puentes disulfuro ayudan a estabilizar muchos polipéptidos y proteínas. (Wikipedia, 2012).



Luego el grupo disulfuro de la queratina puede ser oxidado de varias maneras.





Para la obtención de queratina de uso cosmético, la oxidación debe producirse solamente hasta el grupo sulfóxido.

### 3.3.8. Magnitudes de las soluciones

#### Índice de refracción

El fenómeno de la refracción consiste en el cambio de dirección, que experimenta la luz al pasar de un medio a otro, debido a un cambio en su velocidad de propagación. Este cambio de velocidad se debe a la interacción entre el campo eléctrico de la radiación y los electrones de enlace del medio. Mientras más concentrada esta una solución, con sólidos disueltos, cambia más la dirección de la luz. Se ha establecido un índice para cada uno de estos ángulos de refracción, y se puede utilizar este "índice de refracción" para identificar o evaluar una muestra de líquido dada. El índice de refracción de una sustancia aumenta con la longitud de onda de la radiación y disminuye con la temperatura. (Maquimsa, 2013).

#### Determinación del índice de refracción

El procedimiento es el siguiente:

El porta muestras y el espejo del refractómetro deben estar limpios, colocar unas gotas de agua destilada en el porta muestra y asegurarlo observar por el lente ocular derecho el campo óptico y con el tornillo del lado izquierdo ubicar la línea de división del campo óptico en el punto central marcado con una cruz luego observar por el lente ocular izquierdo y anotar el dato obtenido. Realizar el mismo procedimiento con el líquido problema.

Después de cada medición siempre lavar y secar el porta muestras.

#### Densidad

Es la magnitud que expresa la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo. Se expresa con la fórmula:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Dónde:

$p$ = densidad

$m$ = masa

$v$ = volumen

La densidad de una solución aumenta conforme aumenta la masa del soluto.

### Determinación de la densidad

La densidad de las soluciones de queratina se determinó con un picnómetro de 10ml de capacidad, el procedimiento seguido es el siguiente:

En una balanza analítica se pesa el picnómetro vacío y seco luego se llena con agua y se sujeta dentro de un baño a 20°C ( $\pm 1^\circ\text{C}$ ) por 15 min. El exceso del líquido se retira con una tira de papel filtro, cuando el agua está a 20°C se retira el picnómetro del baño se seca exteriormente el picnómetro lleno con la solución de queratina, con los datos obtenidos se calcula densidad de la solución de queratina con la formula

$$D = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} * \text{Densidad del agua}$$

Dónde:

$m_3$ = peso del picnómetro mas solución de queratina

$m_2$ = peso del picnómetro más agua

$m_1$ = peso del picnómetro vacío

### Viscosidad relativa

Es el cociente que se obtiene comparando la viscosidad de un líquido con la viscosidad de otro líquido expresado en número absoluto.

$$v = \frac{t_1}{t_2}$$

Dónde:

$v$ : viscosidad relativa

$t_1$ : tiempo que tarda en escurrir la solución

$t_2$ : tiempo que tarda en escurrir el agua

**Tabla 1.** Valores especificados para una solución acuosa de queratina de uso comercial según las magnitudes de las soluciones

Índice de refracción	1.4000-1.4350
Densidad	1.1500-1.2000g/mL.
Viscosidad relativa	1. 000-1.8500 cps

Fuente: (Phitother, 2006).

### **3.3.9. Usos de la queratina**

- **En cosmetología**

La queratina es parte de muchos tratamientos cosméticos capilares, protege el interior del cabello, influye en el color y en el brillo, que le afectan los factores mecánicos, químicos o ambientales. Estos modifican la estructura del cabello convirtiéndolo en frágil quebradizo y poroso, la queratina puede evitar el deterioro del cabello por la continua exposición a estos factores. (Wilkins, Moore, & Rodríguez, 1990).

- **En la industria textil**

La queratina, se usa como material de refuerzo en la fabricación de polímeros industriales, tales como: los polietilenos y los polipropilenos, en la producción de pasta de papel o cartón y la fabricación de biomateriales o materiales biomédicos, entre otros.

- **En la industria alimenticia.**

La queratina, que contiene las plumas, es un recurso alimenticio potencial. Luego de un proceso hidrolítico, de estos residuos, ellos se transformarán en una proteína digestible, que es útil como concentrado proteico para rumiantes, ya que optimiza el índice de crecimiento del ganado de engorde y también suple las necesidades de proteína en ganado lechero. Como se extrae de una fuente natural, no contiene toxinas e inhibidores del crecimiento, pueden ser usadas en dietas balanceadas sin limitaciones nutricionales.

- **En la industria agrícola.**

La queratina, presente en las plumas es un recurso adecuado para la elaboración del Compost (proceso de degradación microbiológico aerobio de materiales orgánicos realizado en condiciones controladas, en el que debido a la actividad microbiana se obtiene un abono orgánico) que en conjunto con una mezcla de materiales fecales, orina, tierra y restos vegetales permiten el proceso de compostaje, permitiendo que la queratina lentamente se degrade y se convierta en una sustancia de fácil biodegradación, contribuyendo al desarrollo de los microorganismos que enriquecerán el suelo con nitrógeno y fósforo. (Carlosama, 2010).



## **IV. DISEÑO METODOLÓGICO.**

### **4.1. Tipo de investigación**

Esta investigación es de tipo experimental - cuantitativa, y el proceso de obtención de la queratina cosmética a partir de plumas de pollo, se realizó en el Laboratorio de Química General de la UNI-RUSB en la que se realizaron 6 experimentos por el método de sulfuro de sodio y 3 por el borohidruro de sodio, variando las condiciones del proceso de producción de la queratina y en la caracterización de los productos obtenidos con relación a las cantidades de cada proceso ya sea sulfuro de sodio y borohidruro de sodio.

Como parte inicial se realizó una revisión bibliográfica, para determinar los procesos a seguir y obtener dicho producto.

Se elaboraron diferentes pruebas, variando las cantidades de cada reactivo utilizado y la cantidad de plumas, se realizaron pruebas con plumas de gallina de patio para así comparar datos con plumas de gallinas de granja por ende también comparar la queratina obtenida con la comercial.

Se establecieron parámetros de cambios de las queratinas obtenidas, las cuales son:

- Temperatura
- Volumen
- Tiempo de agitación

Se realizaron análisis físicos químicos de los resultados obtenidos con las magnitudes de índice de refracción, densidad, viscosidad relativa y sólidos totales, con las que se valoraron las soluciones acuosas de queratina obtenidas.

A las soluciones acuosas de las queratinas obtenidas se le evaluaron sus características organolépticas en cuanto a color, olor y textura, para poder compararlas con la queratina comercial; cabe destacar que estas pruebas fueron realizadas a simple vista y tacto a la hora de ser aplicadas en el cabello.

### **4.2. Materiales y Métodos**

#### **4.2.1. Métodos**

Para esta investigación se trabajó con muestras de plumas de pollo que se obtuvieron en algunos puntos de matanzas de aves, y mercados capitalinos así como algunas industrias o empresa reconocidas.

Una vez obtenidas las plumas se pasaron por un proceso de mezclado y reducción de tamaño, se obtuvo la muestra representativa de 25 kg de plumas la cual se dejó secar a temperatura ambiente por 48 horas.

Las plumas secas de la muestra fueron cortadas manualmente con tijeras, para separar las barbillas de los raquis (eje o tubo central). Los raquis se desecharon y se utilizaron solamente la barbilla.

#### **4.2.2. Lavado y secado de las plumas**

Las plumas fueron adicionadas a un recipiente de plástico con suficiente agua, la agitación fue manual y ocasional. Después de 6 horas de lavado se desechó el agua sucia usando una cesta, y se repitió de igual manera por dos veces más. Finalmente las plumas húmedas fueron extendidas en papel de aluminio y secadas en un horno 70°C por 48 horas. Las plumas secas se guardaron dentro de una funda plástica.

Una vez que estas han pasado las 48 horas se trabajaron con los dos diferentes métodos planteados.

##### **4.2.2.1. Método I o del Sulfuro de Sodio.**

A un frasco de vidrio con tapa se le adicionó 50 g de plumas y 3000mL de solución acuosa de 30g de sulfuro de sodio. Esta mezcla se tapó y se sujetó sobre una plataforma móvil, donde se agitó por un día a temperatura ambiente. La suspensión obtenida se filtró (con papel filtro), el filtrado se recogió en otro frasco de vidrio con tapa, luego se adicionó 150ml de peróxido de hidrógeno de 30%. El recipiente se tapó y se agitó en la plataforma móvil por 50 minutos, a temperatura ambiente. Luego la mezcla anterior se acidificó hasta pH 4.8, adicionando ácido sulfúrico al 10%. La suspensión formada se decantó por 48 horas y se filtró con papel filtro. El sólido se lavó con 50mL de agua destilada, la mezcla del filtrado y el agua del lavado se neutralizó con hidróxido de sodio diluido (hasta pH 7) y se dejó en reposo por 48 horas. Luego se filtró la suspensión, el sólido se lavó con 50mL de agua destilada, el filtrado se agitó por 2 horas y se decanta por 1 día. Hecho esto, se filtró la suspensión (en papel filtro) y el filtrado se aforó a 200mL. Esta es la solución acuosa de queratina obtenida. (Florido, 2010)

##### **4.2.2.2. Método II o del Borohidruro de sodio.**

A un frasco de vidrio pyrex (de 100 mL de capacidad y con tapa) se le adicionó 5g de plumas, y la solución de 0,1 g de  $\text{NaBH}_4$  en la mezcla de 4mL de Tetrahidrofurano y 100mL  $\text{H}_2\text{O}$ . El contenido reaccionó a 18°C por 24 h. La suspensión final se filtró, (en papel filtro) y el filtrado se aforó a 200mL con agua. Esta es la solución acuosa de queratina obtenida.

#### **4.2.3. Reactivos**

##### **4.2.3.1. Método I o del Sulfuro de sodio**

A continuación se detallan los materiales que se utilizaron para la obtención de queratina en el método I.

- ✚ Sulfuro de sodio ( $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ )
- ✚ Peróxido de hidrógeno 30% ( $\text{H}_2\text{O}_2$ )
- ✚ Ácido sulfúrico 10% ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )
- ✚ Hidróxido de sodio 50% ( $\text{NaOH}$ )
- ✚ Agua destilada.

#### 4.2.3.2. Método II o del borohidruro de sodio.





A continuación se detallan los materiales que se utilizaron para la obtención de queratina en el método II.

- ✚ Borohidruro de sodio ( $\text{NaBH}_4$ )
- ✚ Tetrahidrofurano
- ✚ Agua destilada.


#### 4.3. Materiales y equipos de laboratorio

Los materiales y los equipos que fueron utilizados para llevar a cabo el trabajo experimental se muestran en la tabla 4.3.1. y en la tabla 4.3.2, respectivamente.

**Tabla 2.** Equipos a utilizar para la parte experimental.

Equipo	Nombre	Especificaciones
	Balanza analítica	<b>Sartorius TE 6101</b> # de serie:17404586
	Campana extractora de gases	
	pH-metro	<b>pH-metro 330i “WTW”</b> # de serie:
	Mufla	<b>THERMO SCIENTIFIC THERMOLINE</b> Modelo: F6010 # de serie:

**ESTUDIO PARA LA OBTENCION DE QUERATINA A PARTIR DE PLUMAS DE POLLOS CON LOS METODOS DE SULFURO DE SODIO Y BOROHIDRURO DE SODIO A NIVEL DE LABORATORIO**




	Plancha de calentamiento	<b>Cimarec</b>
---	--------------------------	----------------

**Tabla 3.** Materiales a utilizar para la parte experimental.

<b>Material</b>	<b>Nombre</b>	<b>Especificación</b>
	Termómetro de mercurio	<b>ASTM 1C-99/BS 593 F150 C/76</b> MM/MM Partial Immersion -20+50 ° C # de serie: 6822
	Papel filtro	<b>Whatman Qualitative circles</b> Diámetro: 125 mm # de catalogo 1001 125
	Tijeras	<b>Stanley</b> # de serie: 14-556
	Recipiente de plástico	<b>Plastimac</b> Capacidad: 6 litros
	Colador	<b>Plastimac</b> Capacidad: 2 litros
	Papel de aluminio	<b>Link</b> 30cm * 7,7m
	Erlenmeyer (Contención de muestras)	<b>Pyrex ASTM USA</b> Volumen 50/100/125 ml

**ESTUDIO PARA LA OBTENCION DE QUERATINA A PARTIR DE PLUMAS DE POLLOS CON LOS  
METODOS DE SULFURO DE SODIO Y BOROHIDRURO DE SODIO A NIVEL DE LABORATORIO**

---

	Probeta (medición de volúmenes de ácido sulfúrico)	<b>Pyrex ASTM USA</b> Volumen 100 ml
	Embudo Hirsch	<b>Pyrex ASTM USA</b> 40-90 C
	Espátula (Para manipular muestras)	<b>Metálica</b>
	Beaker (Contención de muestras)	<b>Pyrex ASTM USA</b> Volumen 150ml

## V. ANALISIS DE RESULTADOS

### 5.1.Datos de las muestras de plumas.

De las plumas obtenidas de color blanco (plumas de gallina de granja) y de las plumas amarillas (gallina de patio), provenientes de los puntos de matanzas de aves, y mercados capitalinos, luego del proceso de lavado, mezclado, reducción de tamaño y secado, se obtuvieron las muestras representativas de plumas con las que se trabajó en distintas condiciones y pesos, cabe destacar que dichas plumas después de secado mantienen su color y apariencia.

En las siguientes tablas indicadas en el documento de la página 31 a la página 39, se muestran las especificaciones de las queratinas comercial o cosmética adquiridas en mercado local (Mercado oriental), se compraron dos tipos de queratinas comercial y se compararon con la obtenida en el laboratorio.

1. Queratina con olor a chocolate con un costo=\$30
2. Queratina con olor a vainilla con un costo = \$ 20

#### 5.1.1. Resultados de la caracterización de las soluciones de queratina obtenidas en el método I.

a) **En el método I con plumas de gallina de patio a temperatura ambiente y con agitación continúa.** 3000 ml de la solución acuosa de  $\text{Na}_2\text{S}$ , reaccionó lentamente con 30 g de plumas, con tiempo de agitación de 5 días y 2 días en reposo a partir de este tiempo mantuvo una apariencia de color rojiza y un olor a descomposición, se procedió a realizar el filtrado con en papel filtro cualitativo, en el papel filtro quedó un residuo de color oscuro lavándose con 150ml de agua destilada.

Se adicionó 150ml de peróxido de hidrogeno 30 % la cual es una sustancia oxidante en donde se produce una reacción de oxidación efervescente (desprende burbujas). Luego de 50 minutos de agitación de la mezcla, a temperatura ambiente se observó un líquido de color amarillo mostaza y un sedimento de color café. Se añadió 1.5 ml de ácido sulfúrico 10% para acidificar la solución a pH4.8 obteniéndose una suspensión que reposo durante 48h, realizándose luego un proceso de filtración. El precipitado se lavó con 50ml de agua y se neutralizó con 2.5ml de hidróxido de sodio 10% hasta obtener un pH 7 dejándose en reposo por 48 horas para ver si la solución presenta precipitado. Debido a que la muestra no presentó sedimentación no se realizó ninguna filtración o decantación, esta es la solución de queratina cosmética obtenida.

En la **Tabla 4.** Se describen los resultados de la solución de queratina obtenida aplicando el procedimiento descrito en el numeral 4.2.2.1, a partir de 30g de plumas, 30g de  $\text{Na}_2\text{S}$ , y 150ml de  $\text{H}_2\text{O}_2$  de 30v, se obtuvo 1954 ml de solución de queratina presentando un porcentaje de rendimiento del 69.83% lo que indica que a temperatura ambiente se obtiene una solución de queratina más concentrada debido a que hay mejor trituración de las plumas y cuyas características están presente en la tabla.

**Tabla 4.** Características de la solución de queratina obtenida por el método I y queratina comercial a partir de plumas de gallina de patio a temperatura ambiente.

Características	Resultados	Especificaciones de queratina Comercial con olor a Chocolate	Especificaciones de queratina Comercial con olor a Vainilla
Color	Amarillo Mostaza	Café Oscuro	Amarillo
Olor	Inodoro	A Chocolate	A Vainilla
Aspecto	Transparente	Cremoso	Cremoso
Sólidos Totales	3839 mg/L	91,33mg/L	63mg/L
Densidad	1,0063 g/mL*	1,1139g/mL	1.01059 g/mL
Índice de Refracción	1,3358*	1,34937	1,34027
Viscosidad referencia Agua	0,75cps*	8,1cps	7,9cps
pH	7,1	5,0 – 7,5	5,0 – 7,5
% de Rendimiento	69.83%	-	-

Fuente: elaboración propia

Nota: \*Promedio de tres repeticiones.  
S=Segundos

- b) En el método I con plumas de gallina de patio a temperatura de 60° y con agitación continua.** 2000 ml de la solución acuosa de  $\text{Na}_2\text{S}$ , reaccionó lentamente con 30 g de plumas, después de 2 días mantuvo una apariencia de color café oscuro y un olor de descomposición, se procedió a realizar el filtrado con en papel filtro cualitativo, en el papel filtro quedó un residuo de color oscuro lavándose con 100ml de agua destilada.

Se adicionó 133ml de peróxido de hidrogeno 30 % la cual es una sustancia oxidante en donde se produce una reacción de oxidación efervescente (desprende burbujas). Luego de 50 minutos de agitación de la mezcla, a temperatura de 60° se observó un líquido de color café oscuro y un sedimento de color café claro. Se añadió 1ml de ácido sulfúrico 10% para acidificar la solución a pH4.8 obteniéndose una suspensión que reposo durante 48h, realizándose luego un proceso de filtración. El precipitado se lavó con 50ml de agua y se neutralizó con 2.5ml de hidróxido de sodio 10% hasta obtener un pH 7 dejándose en reposo por 48 horas para ver si la solución presenta precipitado. Debido a que la muestra no presentó sedimentación no se realizó ninguna filtración o decantación, esta es la solución de queratina cosmética obtenida.

En la **Tabla 5.** Se describen los resultados de la solución de queratina obtenida aplicando el procedimiento descrito en el numeral 4.2.2.1, a partir de 30g de plumas, 20g de  $\text{Na}_2\text{S}$ , y 133ml de  $\text{H}_2\text{O}_2$  de 30v, se obtuvo 1600 ml de solución de queratina con un porcentaje de rendimiento del 33.33% lo que indica que no se obtuvo una buena trituración de las plumas por lo tanto una solución de queratina en menos concentración, debido a la variación de temperatura y cuyas características están presente en la tabla.



**Tabla 5.** Características de la solución de queratina obtenida por el método I y queratina comercial a partir de plumas de gallina de patio con una temperatura de 60°C

<b>Características</b>	<b>Resultados de queratina obtenida</b>	<b>Especificaciones de queratina Comercial con olor a Chocolate</b>	<b>Especificaciones de queratina Comercial con olor a Vainilla</b>
Color	Café claro	Café Oscuro	Amarillo
Olor	Inodora	A Chocolate	A Vainilla
Aspecto	Transparente	Cremoso	Cremoso
Sólidos Totales	2241 mg/L	91,33mg/L	63mg/L
Densidad	0,9991 g/mL*	1,1139g/mL	1.01059 g/mL
Índice de Refracción	1,3358*	1,34937	1,34027
Viscosidad referencia Agua	0,99cps*	8,1cps	7,9cps
pH	5,77	5,0 – 7,5	5,0 – 7,5
% de Rendimiento	33.33%	-	-

*Fuente: elaboración propia*

Nota: \*Promedio de tres repeticiones.  
S= Segundos

- c) **En el método I con plumas de gallina de patio a temperatura de 100°C y con agitación continua.** 3000 ml de la solución acuosa de Na<sub>2</sub>S, reaccionó lentamente con 30 g de plumas, después 3 días mantuvo una apariencia cremosa de color gris inicial que luego cambio a café oscura y un olor a descomposición, se procedió a realizar el filtrado con papel filtro cualitativo, en el papel filtro quedo un residuo de color oscuro lavándose con 100ml de agua destilada.

Se adicionó 150ml de peróxido de hidrogeno 30 % la cual es una sustancia oxidante en donde se produce una reacción de oxidación efervescente (desprende burbujas). Luego de 50 minutos de agitación de la mezcla, a temperatura de 100°C se observó un líquido de color café oscuro y un sedimento de color amarillo. Se añadió 2ml de ácido sulfúrico 10% para acidificar la solución a pH4.8 obteniéndose una suspensión que reposo durante 48h, realizándose luego un proceso de filtración. El precipitado se lavó con 50ml de agua y se neutralizó con 3ml de hidróxido de sodio 10% hasta obtener un pH 7 dejándose en reposo por 48 horas para ver si la solución presenta precipitado. Debido a que la muestra no presentó sedimentación no se realizó ninguna filtración o decantación, esta es la solución de queratina cosmética obtenida.

En la **Tabla 6.** Se describen los resultados de la solución de queratina obtenida aplicando el procedimiento descrito en el numeral 4.2.2.1, a partir de 30g de plumas, 20g de Na<sub>2</sub>S, y 150ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> de 30v, se obtuvo 2000ml de la solución de queratina con un porcentaje de rendimiento del 17.23% lo que indica que no se obtuvo una buena trituration de las plumas por lo tanto una solución de queratina con poca concentración, debido a la elevada variación de temperatura y cuyas características están presente en la tabla.



**Tabla 6.** Características de la solución de queratina obtenida por el método I y queratina comercial a partir de plumas de gallina de patio con una temperatura de 100°C

Características	Resultados de queratina obtenida	Especificaciones de queratina Comercial con olor a Chocolate	Especificaciones de queratina Comercial con olor a Vainilla
Color	Amarillo Mostaza	Café Oscuro	Amarillo
Olor	Inodora	A Chocolate	A Vainilla
Aspecto	Transparente	Cremoso	Cremoso
Sólidos Totales	2356 mg/L	91,33mg/L	63mg/L
Densidad	1,0073 g/mL*	1,1139g/mL	1.01059 g/mL
Índice de Refracción	1,3358*	1,34937	1,34027
Viscosidad referencia Agua	1,01cps*	8,1cps	7,9cps
pH	5,3	5,0 – 7,5	5,0 – 7,5
% de rendimiento	17.23%	-	-

Fuente: elaboración propia

Nota: \*Promedio de tres repeticiones.  
S=Segundos

- d) En el método I con plumas de gallina de granja a temperatura ambiente y con agitación continua.** 2000 ml de la solución acuosa de  $\text{Na}_2\text{S}$ , reaccionó lentamente con 50 g de plumas, después de 1 día mantuvo una apariencia cremosa de color inicial gris que luego cambia a color verde y un olor a descomposición, se procedió a realizar el filtrado con papel filtro cualitativo, en el papel filtro quedó un residuo de color oscuro lavándose con 100ml de agua destilada.

Se adicionó 75ml de peróxido de hidrogeno 30 % la cual es una sustancia oxidante en donde se produce una reacción de oxidación efervescente (desprende burbujas). Luego de 50 minutos de agitación de la mezcla, a temperatura ambiente se observó un líquido de color amarillo claro y un sedimento de color crema. Se añadió 30 gotas de ácido sulfúrico 10% para acidificar la solución a pH4.8 obteniéndose una suspensión que reposo durante 48h, realizándose luego un proceso de filtración. El precipitado se lavó con 50ml de agua y se neutralizó con 3ml de hidróxido de sodio 10% hasta obtener un pH 7 dejándose en reposo por 48 horas para ver si la solución presenta precipitado. Debido a que la muestra no presentó sedimentación no se realizó ninguna filtración o decantación, esta es la solución de queratina cosmética obtenida.

En la **Tabla 7.** Se describen los resultados de la solución de queratina obtenida aplicando el procedimiento descrito en el numeral 4.2.2.1, a partir de 50g de plumas, 30g de  $\text{Na}_2\text{S}$ , y 75ml de  $\text{H}_2\text{O}_2$  de 30v, se obtuvo 2000 ml de solución de queratina con un porcentaje de rendimiento del 72% siendo esta la mejor muestra de queratina obtenida ya que presentó una excelente trituración de las plumas por lo tanto una solución de queratina bien concentrada y con mejores resultados y cuyas características están presente en la tabla

**Tabla 7.** Características de la solución de queratina obtenida por el método I y queratina comercial a partir de plumas de gallina de granja.

<b>Características</b>	<b>Resultados de queratina obtenida</b>	<b>Especificaciones de queratina Comercial con olor a Chocolate</b>	<b>Especificaciones de queratina Comercial con olor a Vainilla</b>
Color	Amarillo claro	Café Oscuro	Amarillo
Olor	Inodora	A Chocolate	A Vainilla
Aspecto	Transparente	Cremoso	Cremoso
Sólidos Totales	4284 mg/L	91,33mg/L	63mg/L
Densidad	1,0149 g/mL*	1,1139g/mL	1.01059 g/mL
Índice de Refracción	1,33879*	1,34937	1,34027
Viscosidad referencia Agua	1,00cps*	8,1cps	7,9cps
pH	5,95	5,0 – 7,5	5,0 – 7,5
% de Rendimiento	72%	-	-

*Fuente: elaboración propia*

Nota: \*Promedio de tres repeticiones.

S=Segundos

De acuerdo a la **Tabla 7**. Podemos observar que la queratina obtenida a partir de plumas de gallina de granja en forma líquida los valores obtenidos de sólidos totales, densidad, índice de refracción están cercanos al rango de las queratinas comerciales. Sabiendo que esta están preparadas con cremas bases, vitaminas y preservantes para su aplicación.

A la mejor muestra de queratina obtenida se tomó 25ml de solución para agregar 75ml de crema base y así poder comparar resultados, en la tabla siguiente se observó que la densidad y el índice de refracción mantiene su rango igual que el pH. La viscosidad no pudo establecerse debido a la falta de viscosímetro, con la bureta no se pudo porque esta solución es más viscosa que líquida. De acuerdo a los valores de las magnitudes de la queratina comercial explicadas en la **Tabla 1**. Podemos decir que los valores de la solución obtenida están dentro del rango de la queratina comercial.

**Tabla 8.** Datos de la solución de queratina obtenida por el método I disuelta con crema base.

<b>Características</b>	<b>Resultados de queratina obtenida con crema base</b>
Color	Amarillo pálido
Olor	A crema base
Aspecto	Cremoso
Sólidos Totales	1227 mg/L
Densidad	0,9555 g/mL*
Índice de Refracción	1,34027*
pH	5,9

*Fuente: elaboración propia*

Nota: \*Promedio de tres repeticiones. S=Segundos

- e) **En el método I con plumas de gallina de granja a temperatura 100°C y con agitación continua.** 2000 ml de la solución acuosa de Na<sub>2</sub>S, reaccionó lentamente con 50 g de plumas, después de 1 día mantuvo una apariencia cremosa de color inicial gris que luego cambia a color verde y un olor a descomposición, se procedió a realizar el filtrado con papel filtro cualitativo, en el papel filtro quedó un residuo de color oscuro lavándose con 100ml de agua destilada.

Se adicionó 70ml de peróxido de hidrogeno 30 % la cual es una sustancia oxidante en donde se produce una reacción de oxidación efervescente (desprende burbujas). Luego de 50 minutos de agitación de la mezcla, a temperatura de 100°C se observó un líquido de color amarillo y un sedimento de color crema. Se añadió 35 gotas de ácido sulfúrico 10% para acidificar la solución a pH4.8 obteniéndose una suspensión que reposo durante 48h, realizándose luego un proceso de filtración. El precipitado se lavó con 50ml de agua y se neutralizó con 6ml de hidróxido de sodio 10% hasta obtener un pH 7 dejándose en reposo por 48 horas para ver si la solución presenta precipitado. Debido a que la muestra no presentó sedimentación no se realizó ninguna filtración o decantación, esta es la solución de queratina cosmética obtenida.

En la **Tabla 9.** Se describen los resultados de la solución de queratina obtenida aplicando el procedimiento descrito en el numeral 4.2.2.1, a partir de 50g de plumas, 30g de Na<sub>2</sub>S, y 70ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> de 30v, se obtuvo 1400 ml de solución de queratina con un porcentaje de rendimiento del 70% siendo esta una solución de queratina con buena concentración, un poco más baja con respecto a la anterior lo que nos indica que la variación de temperatura afecta un poco en la trituration de las plumas pero al ser estas plumas blancas también se obtiene muy buenos resultados y cuyas características están presente en la tabla.

**Tabla 9.** Características de la solución de queratina obtenida por el método I y queratina comercial a partir de plumas de gallina de granja con temperatura de 100°C.

Características	Resultados de queratina obtenida	Especificaciones de queratina Comercial con olor a Chocolate	Especificaciones de queratina Comercial con olor a Vainilla
Color	Amarillo Claro	Café Oscuro	Amarillo
Olor	Inodora	A Chocolate	A Vainilla
Aspecto	Transparente	Cremoso	Cremoso
Sólidos Totales	5074 mg/L	91,33mg/L	63mg/L
Densidad	1,0147 g/mL*	1,1139g/mL	1.01059 g/mL
Índice de Refracción	1,3388*	1,34937	1,34027
Viscosidad referencia Agua	2,56cps*	8,1cps	7,9cps
pH	6,29	5,0 – 7,5	5,0 – 7,5
% de Rendimiento	70%	-	-

Fuente: elaboración propia

Nota: \*Promedio de tres repeticiones.  
S=Segundos

- f) **En el método I con plumas de gallina de granja a temperatura ambiente y sin agitación.** 200 ml de la solución acuosa de  $\text{Na}_2\text{S}$ , reaccionó lentamente con 5 g de plumas, después de 1 día mantuvo una apariencia de color inicial gris que luego cambia a color amarillo y un olor a descomposición, se procedió a realizar el filtrado con papel filtro cualitativo, en el papel filtro quedó un residuo de color oscuro lavándose con 20ml de agua destilada.

Se adicionó 3.5ml de peróxido de hidrogeno 30 % la cual es una sustancia oxidante en donde se produce una reacción de oxidación efervescente (desprende burbujas). Luego de 50 minutos de agitación de la mezcla, a temperatura ambiente se observó un líquido de color amarillo y un sedimento de color crema. Se añadió 0.2 ml de ácido sulfúrico 10% para acidificar la solución a pH4.8 obteniéndose una suspensión que reposo durante 48h, realizándose luego un proceso de filtración. El precipitado se lavó con 50ml de agua y se neutralizó con 0.5ml de hidróxido de sodio 10% hasta obtener un pH 7 dejándose en reposo por 48 horas para ver si la solución presenta precipitado. Debido a que la muestra no presentó sedimentación no se realizó ninguna filtración o decantación, esta es la solución de queratina cosmética obtenida.

En la **Tabla 10.** Se describen los resultados de la solución de queratina obtenida aplicando el procedimiento descrito en el numeral 4.2.2.1, a partir de 5g de plumas, 3g de  $\text{Na}_2\text{S}$ , y 3.5ml de  $\text{H}_2\text{O}_2$  de 30v, se obtuvo 70ml de solución de queratina con un porcentaje de rendimiento del 66% siendo esta una solución de queratina con buena concentración, más baja con respecto a las dos anteriores lo que nos indica que la variación de temperatura afecta un poco en la trituration de las plumas pero al ser estas plumas blancas también se obtiene buenos resultados y cuyas características están presente en la tabla.

**Tabla 10.** Características de la solución de queratina obtenida por el método I y queratina comercial a partir de plumas de gallina de granja a temperatura ambiente.

Características	Resultados de queratina obtenida	Especificaciones de queratina Comercial con olor a Chocolate	Especificaciones de queratina Comercial con olor a Vainilla
Color	Amarillo Pálido	Café Oscuro	Amarillo
Olor	Inodora	A Chocolate	A Vainilla
Aspecto	Transparente	Cremoso	Cremoso
Sólidos Totales	6131 mg/L	91,33mg/L	63mg/L
Densidad	1,0157 g/mL*	1,1139g/mL	1.01059 g/mL
Índice de Refracción	1,33732*	1,34937	1,34027
Viscosidad referencia Agua	1,10cps*	8,1cps	7,9cps
pH	5,9	5,0 – 7,5	5,0 – 7,5
% de rendimiento	66%	-	-

Fuente: elaboración propia

Nota: \*Promedio de tres repeticiones.  
S=Segundos

### 5.1.2. Resultados de la caracterización de las soluciones de queratina obtenidas en el método II.

- a) **En el método II con plumas de gallina de granja a temperatura ambiente.** 1g de  $\text{NaBH}_4$ , 5g de plumas, 4ml de Tetrahidrofurano, 100ml agua destilada reaccionó por 24 horas a  $18^\circ\text{C}$  (los vapores son sofocantes) formando un líquido turbio de color amarillo dorado, se observó sólidos gelatinosos de color amarillo adheridos en las paredes del frasco. Se procedió a realizar el filtrado de la suspensión y se obtuvo un precipitado semisólido amarillo y un filtrado casi café, que al diluir con agua tiene color amarillo dorado opalescente y olor sofocante.

En la **Tabla 11**. Se describen los resultados de la solución de queratina obtenida aplicando el procedimiento descrito en el numeral 4.2.2.2, a partir de 5g de plumas, 1g de  $\text{NaBH}_4$ , 4ml de Tetrahidrofurano y 100ml de agua destilada, se obtuvo 175ml de solución de queratina con un porcentaje de rendimiento del 20% lo que indica que no se obtuvo una buena trituración de las plumas por lo tanto una solución de queratina con poca concentración, lo que indica que este no es un buen método de obtención de queratina y cuyas características están presente en la tabla.

**Tabla 11.** Características de la solución de queratina obtenida por el método II.

Características	Resultados de queratina obtenida	Especificaciones de queratina Comercial con olor a Chocolate	Especificaciones de queratina Comercial con olor a Vainilla
Color	Amarillo dorado	Café Oscuro	Amarillo
Olor	A THF	A Chocolate	A Vainilla
Transparencia	Opaco	Cremoso	Cremoso
Sólidos Totales	3359 mg/L	91,33mg/L	63mg/L
Densidad	1,0062 g/mL*	1,1139g/mL	1.01059 g/mL
Índice de Refracción	1,33732*	1,34937	1,34027
Viscosidad referencia Agua	0,99cps *	8,1cps	7,9cps
pH	9,8	5,0 – 7,5	5,0 – 7,5
% de Rendimiento	20%	-	-

Fuente: elaboración propia

Nota: \*Promedio de tres repeticiones.  
S=Segundos

De esta muestra de queratina 50ml de solución fueron seleccionados para agregar 50ml de crema base y así poder compararla con la queratina comercial y con la queratina obtenida, según los valores de las magnitudes de la queratina comercial explicadas en la tabla 3.3.8 y comparadas con la solución obtenida se observó que todos los valores de las magnitudes de la solución como sólidos totales, índice de refracción y densidad se encuentran dentro del rango de la queratina comercial, el pH esta fuera de rango ya que esta solución no es acida, la viscosidad no se estableció debido a la falta de viscosímetro ya que con la bureta no logramos que pasara.

**Tabla 12.** Datos de la solución de queratina obtenida por el método II disuelta con crema base.

Características	Resultados de queratina obtenida con crema base
Color	Amarillo
Olor	A nada
Aspecto	Cremoso
Sólidos Totales	880 mg/L
Densidad	1,2493 g/mL*
Índice de Refracción	1,33879*
pH	8,68

b) **En el método 2 con plumas de gallina de granja a temperatura ambiente y con agitación continua** 1g de  $\text{NaBH}_4$ , 5g de plumas, 4ml de Tetrahidrofurano, 200ml agua destilada reaccionaron por 24 horas a  $18^\circ\text{C}$  (los vapores son sofocantes) formando un líquido turbio de color amarillo dorado. Se procedió a realizar el filtrado de la suspensión y se obtuvo un precipitado semisólido amarillo y un filtrado casi café, que al diluir con agua tiene color amarillo dorado opalescente y olor sofocante.

En la **Tabla 13.** Se describen los resultados de la solución de queratina obtenida aplicando el procedimiento descrito en el numeral 4.2.2.2, a partir de 5g de plumas, 1g de  $\text{NaBH}_4$ , 4ml de Tetrahidrofurano y 200ml de agua destilada, se obtuvo 253ml de solución de queratina con un porcentaje de rendimiento del 20% lo que indica que no se obtuvo una buena trituration de las plumas por lo tanto una solución de queratina con poca concentración, debido a la elevada variación de temperatura y cuyas características están presente en la tabla.

**Tabla 13.** Características de la solución de queratina obtenida por el método II y queratina comercial a partir de plumas de gallina de granja con agitación continúa.

Características	Resultados de queratina obtenida	Especificaciones de queratina Comercial con olor a Chocolate	Especificaciones de queratina Comercial con olor a Vainilla
Color	Amarillo dorado	Café Oscuro	Amarillo
Olor	A THF	A Chocolate	A Vainilla
Aspecto	Opaco	Cremoso	Cremoso
Sólidos Totales	1203 mg/L	91,33mg/L	63mg/L
Densidad	1,0090 g/mL*	1,1139g/mL	1.01059 g/mL
Índice de Refracción	1,3330*	1,34937	1,34027
Viscosidad referencia Agua	0,98cps*	8,1cps	7,9cps
pH	9,8	5,0 – 7,5	5,0 – 7,5
% de Rendimiento	20%	-	-

Fuente: elaboración propia

Nota: \*Promedio de tres repeticiones y corresponde a la muestra 2.  
S=Segundos

- c) **En el método 2 con plumas de gallina de granja a temperatura de 100°C y con agitación continua** 1g de NaBH<sub>4</sub>, 5g de plumas, 4ml de THF, 200 ml agua destilada reaccionaron por 24 horas a 18°C (los vapores son sofocantes) formando un líquido turbio de color amarillo pálido. Se procedió a realizar el filtrado de la suspensión y se obtuvo un precipitado semisólido amarillo pálido y un filtrado amarillo, que al diluir con agua tiene color amarillo dorado opalescente y olor sofocante. Luego se aforo a 200ml.

En la **Tabla 14**. Se describen los resultados de la solución de queratina obtenida aplicando el procedimiento descrito en el numeral 4.2.2.2, a partir de 5g de plumas, 1g de NaBH<sub>4</sub>, 4ml de Tetrahidrofurano y 200ml de agua destilada, se obtuvo 253ml de solución de queratina con un porcentaje de rendimiento del 20% lo que indica que no se obtuvo una buena trituración de las plumas por lo tanto una solución de queratina con poca concentración, debido a la elevada variación de temperatura y cuyas características están presente en la tabla.

**Tabla 14.** Características de la solución de queratina obtenida por el método II y queratina comercial a partir de plumas de gallina de granja con temperatura de 100°C con agitación continúa.

Características	Resultados de queratina obtenida	Especificaciones de queratina Comercial con olor a Chocolate	Especificaciones de queratina Comercial con olor a Vainilla
Color	Amarillo pálido	Café Oscuro	Amarillo
Olor	A THF	A Chocolate	A Vainilla
Aspecto	Opaco	Cremoso	Cremoso
Sólidos Totales	1826 mg/L	91,33mg/L	63mg/L
Densidad	1,0073 g/mL*	1,1139g/mL	1.01059 g/mL
Índice de Refracción	1,3330*	1,34937	1,34027
Viscosidad referencia Agua	1,03cps*	8,1cps	7,9cps
pH	9,5	5,0 – 7,5	5,0 – 7,5
% de Rendimiento	20%	-	-

Fuente: elaboración propia

Nota: \*Promedio de tres repeticiones.  
S=Segundos

De acuerdo a los resultados obtenidos en las tres muestras de queratina obtenida a partir de plumas de gallina de granja por el método de borohidruro de sodio podemos observar que en la primera muestra donde no se hizo ninguna variación (con respecto a temperatura y agitación) se obtuvo sólidos totales muy elevados, pero en cuanto al porcentaje de rendimiento se observó que las 3 muestras son demasiado bajas lo que indica que la solución de queratina obtenida posee concentraciones muy bajas, en el índice de refracción hay similitud a la de la comercial en las otras es muy bajos el pH en las tres muestras se mantienen pero no se asemejan las de la comercial, la viscosidad en todos los casos depende de cada formulación y tipo de crema base que se desee aplicar.



## VI. ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

### 6.1.Determinación del método adecuado para la producción de queratina.

Con los resultados, que contienen las tablas anteriores, se puede establecer que la queratina obtenida por el método I o del  $\text{Na}_2\text{S}$  con plumas de gallina de granja y a temperatura ambiente tiene la apariencia y el contenido de sólidos similares a los valores de la queratina de referencia (cosmética o comercial), y un porcentaje de rendimiento de 72% lo que nos demuestra que es el mejor método de obtención de queratina.

Adicionalmente, la solución de queratina hidrosoluble da resultados del índice de refracción, densidad y viscosidad bastante cercanos a los correspondientes de la solución de queratina de referencia. Por esta razón, el método I se eligió para ampliar la investigación, sobre el efecto de la variación de sus reactivos en las características de la queratina obtenida.

Por otro lado, el método I tiene ventajas en relación al otro método, estas son:

- Las reacciones ocurren en medio acuoso, en cambio en el método II se requiere de Tetrahidrofurano, este reactivo es muy costoso y difícil de conseguir.
- El reductor  $\text{Na}_2\text{S}$  se manipula con mayor facilidad, que el  $\text{NaBH}_4$  en el método II.
- El método I consta de dos etapas, una de reducción de los grupos disulfuro o tiol y otra de oxidación del tiol a ácidos sulfénico o sulfínico, cuyas sales sódicas evitarían que los grupos tiol den la reacción reversible de la reducción; el otro método sólo tiene una etapa, la de reducción y formación del grupo tiol.



## VII. CONCLUSIONES.

- El estudio mostró que las condiciones óptimas para la obtención de queratina a partir de plumas de pollo dependen de las características del material, así como también de la temperatura utilizada, según las pruebas realizadas a las queratinas obtenidas.
- Cabe destacar que se usaron para el método I dos tipos de plumas así llamadas (plumas de gallina de granja y plumas de gallina de patio) los resultados demuestran que con las plumas de gallina de granja se encontró mejores resultados, aun variando las condiciones de obtención como la temperatura estos se aprecian en las tablas anteriores y también en pruebas realizadas en cabello humano.
- El estudio mostró que el método I (sulfuro de sodio) es el método más apropiado para la obtención de queratina ya que se obtuvo mejores resultados en comparación con el método II, tomando como referencia los porcentajes de rendimiento en cada uno de los métodos, así como también el pH, índice de refracción y sólidos totales ya que se asemejan bastante a los valores de la queratina comercial.
- Con el método de  $\text{Na}_2\text{S}$  se obtienen las soluciones de queratina con características similares a las de la queratina cosmética (comercial), también en su procedimiento se usa agua y temperatura ambiente que bajan el costo de producción. Estas son ventajas sobre el otro método, por lo tanto este método es el más recomendado para la obtención de queratina cosmética.
- La queratina producida utilizando el método del  $\text{Na}_2\text{S}$  está constituida, principalmente, por un derivado hidrosoluble de la queratina natural, que son moléculas de proteína individuales y ellas contienen los grupos salinos en la parte lateral de su estructura. Estos grupos estarían orientados con su parte iónica hacia el agua.
- El contenido de sólidos de la solución de queratina y los valores del índice de refracción, densidad y viscosidad de la solución de queratina diluida varían en relación directa con la cantidad de  $\text{Na}_2\text{S}$  y de  $\text{H}_2\text{O}_2$  que se utilizaron en el proceso de obtención, debido a que con el  $\text{Na}_2\text{S}$  se logró una mejor desintegración de las plumas y con el  $\text{H}_2\text{O}_2$  controlamos el PH es por ello que estos dos elementos son necesarios para la producción de queratina.

### **VIII. RECOMENDACIONES**

- De los dos métodos aplicados para la obtención de queratina cosmética, se recomienda utilizar el método del sulfuro de sodio
- Realizar experimentos para analizar la posibilidad de eliminar las sales que contiene la solución de queratina obtenida con el método de sulfuro de sodio, mediante enfriamiento a varios rangos de temperatura menores que la temperatura ambiente, para que precipite las sales y se elimine, por filtración.
- Se debe experimentar la obtención de queratina por el método de etóxido de sodio para encontrar similitud hacia el método del sulfuro de sodio y del borohidruro de sodio.
- se debe diseñar un modelo experimental para determinar con exactitud el método adecuado para la producción de queratina.
- Realizar experimentos con el borohidruro de sodio a partir de plumas de gallina de patio.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

1. **Benítez, R.** *Proteínas procesos y aplicaciones*.  
[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0325-29572008000200008](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0325-29572008000200008) [Consultado: Abril, 2013]  
Champe P, Harvey R, Ferrier D. “Bioquímica” 3ra edición 2007.
2. **Chamizo, J. (1994).** *Química la ciencia central*.  
[http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/htm/sec\\_4.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/htm/sec_4.htm)  
[Consultado: Abril, 2013]
3. **Carlosama, C. (2010).** *Asociación colectiva para el desarrollo rural de tierra de campos*.  
<http://www.cdrtcampos.es/lanatural/compostaje.htm>. [Consultado: Abril, 2013]
4. **DQI (2013).** “Ficha de seguridad de sulfuro de sodio”  
<http://69.167.133.98/~dqisaco/pdf/SULFURO%20DE%20SODIO%2060-62.pdf>  
[Consultado: junio, 2013]
5. **Genoma Sur. (2010).** *Estructura Cuaternaria*.  
<http://www.genomasur.com/lecturas/Guia02-2.htm> [Consultado: Abril, 2013]
6. **Garido A, Teijon J, Blanco D, Villaverde C, Mendoza C, Ramírez J,** “Fundamentos de Bioquímica Estructural” Segunda Edición, Editorial Tebar S.L, Madrid (2006).  
[http://books.google.com.ni/books?id=avt8LFmp8q4C&pg=PA124&dq=queratina&hl=en&sa=X&ei=mbZtUbyWHMLf0gGO\\_4DwCQ&ved=0CDIQ6AEwAQ#v=onepage&q=queratina&f=false](http://books.google.com.ni/books?id=avt8LFmp8q4C&pg=PA124&dq=queratina&hl=en&sa=X&ei=mbZtUbyWHMLf0gGO_4DwCQ&ved=0CDIQ6AEwAQ#v=onepage&q=queratina&f=false).
7. **Orguello J, Lanari M, Zariitzky N, (2012).** “Obtención de productos solubles a base de queratina a partir de subproductos de la industria avícola”  
[http://www.conicet.gov.ar/new\\_scp/detalle.php?keywords=&id=29351&congresos=yes&detalles=yes&congr\\_id=1268804](http://www.conicet.gov.ar/new_scp/detalle.php?keywords=&id=29351&congresos=yes&detalles=yes&congr_id=1268804) [Consultado: Abril, 2013]  
Fama Total Magazine, (2009).
8. **Ross. Pawlina,** Histología, “Texto y Atlas color y biología celular y molecular” Quinta Edición Mayo 2007, Editorial Médica Panamericana S.A  
[http://books.google.com.ni/books?id=NxYmIRZQi2oC&pg=PA485&dq=queratina&hl=en&sa=X&ei=mbZtUbyWHMLf0gGO\\_4DwCQ&ved=0CCsQ6AEwAA#v=onepage&q=queratina&f=false](http://books.google.com.ni/books?id=NxYmIRZQi2oC&pg=PA485&dq=queratina&hl=en&sa=X&ei=mbZtUbyWHMLf0gGO_4DwCQ&ved=0CCsQ6AEwAA#v=onepage&q=queratina&f=false)
9. **Valencia M, Magallanes B,** “Trabajo realizado por alumnos de ciencias naturales sobre Harina de plumas” <http://foroasialatinoamerica.org/portal/?q=es/node/12482>  
[Consultado: Abril, 2013]  
<http://bdigital.eafit.edu.co/PROYECTO/P668.55CDC266/marcoTeorico.pdf>  
[Consultado: Abril, 2013]

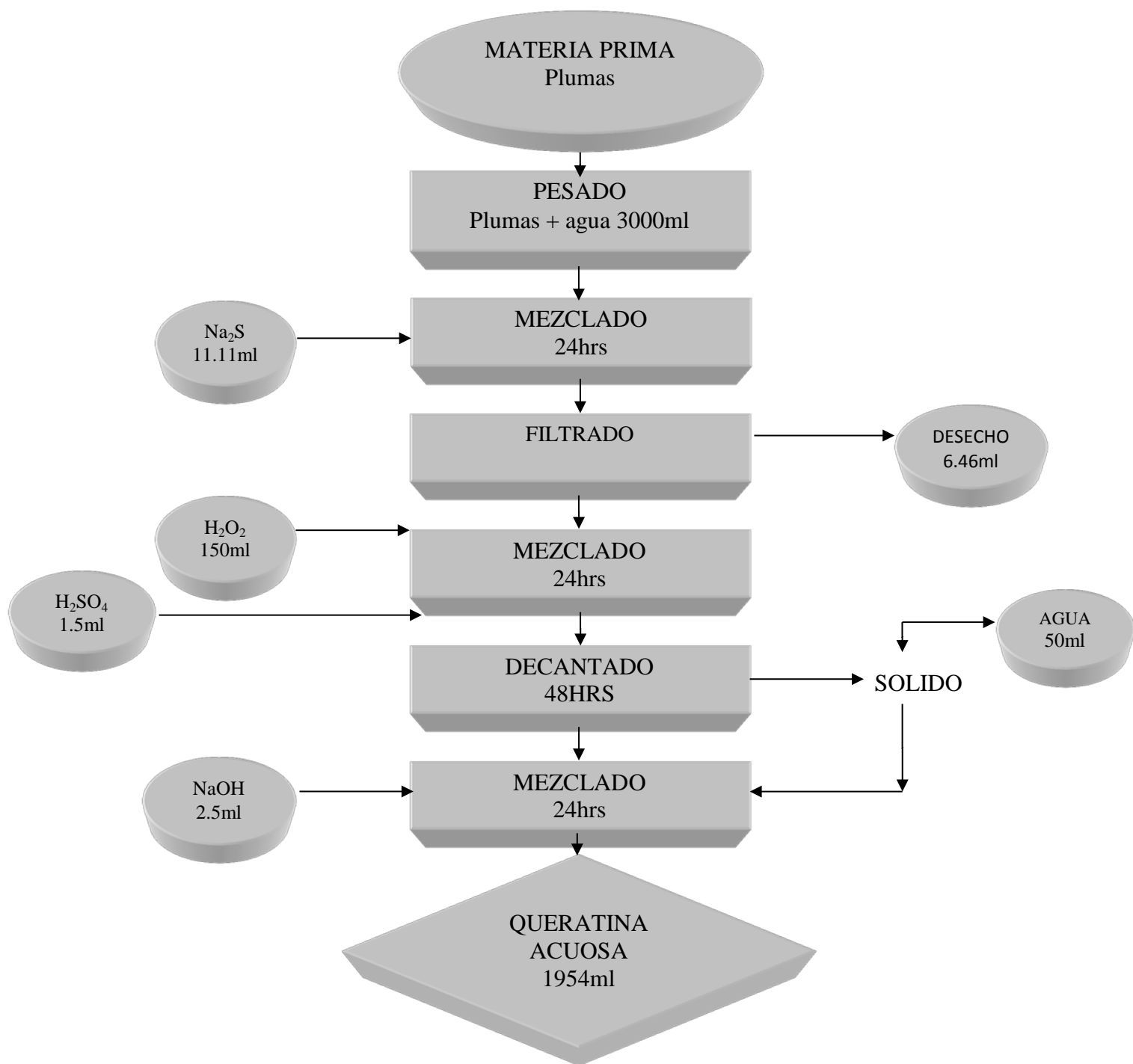
10. <http://www.famatotalaqui.com/%C2%BFque-es-la-queratina/> [Consultado: Abril, 2013]
11. <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/27623/2/articulo10.pdf> [Consultado: Abril, 2013]
12. Pluma, <http://es.wikipedia.org/wiki/Pluma> [Consultado: Abril, 2013]
13. [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/138/htm/sec\\_8.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/138/htm/sec_8.htm) [Consultado: Abril, 2013]
14. **Lacayo L, (2013).** “Industria Avícola se Moderniza”  
<http://www.elnuevodiario.com.ni/economia/280471> [Consultado: Mayo, 2013]
15. “La industria de la carne de pollo en Nicaragua” (2011).  
<http://www.laprensa.com.ni/2011/09/29/voces/75138-industria-carne-pollo-nicaragua> [Consultado: Mayo, 2013]
16. <http://www.confidencial.com.ni/articulo/1389/sector-avicola-recupera-dinamismo>[Consultado: Mayo, 2013]
17. <http://www.buenastareas.com/ensayos/Proyecto-De-La-Queratina/3345412.html>  
[Consultado: Mayo, 2013]
18. Sulfuró de sodio. [http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido\\_sulf%C3%BArico](http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_sulf%C3%BArico)  
[Consultado: junio, 2013]
19. Agua destilada. [http://es.wikipedia.org/wiki/Agua\\_destilada](http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_destilada) [Consultado: junio, 2013]
20. Peróxido de Sodio  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Per%C3%B3xido\\_de\\_hidr%C3%B3geno](http://es.wikipedia.org/wiki/Per%C3%B3xido_de_hidr%C3%B3geno) [Consultado: junio, 2013]
21. Ácido Sulfúrico. [http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido\\_sulf%C3%BArico](http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_sulf%C3%BArico)  
[Consultado: junio, 2013]
22. Hidróxido de sodio. [http://es.wikipedia.org/wiki/Hidr%C3%B3xido\\_de\\_sodio](http://es.wikipedia.org/wiki/Hidr%C3%B3xido_de_sodio)  
[Consultado: junio, 2013]
23. Borohidruro de sodio. [http://es.wikipedia.org/wiki/Borohidruro\\_de\\_sodio](http://es.wikipedia.org/wiki/Borohidruro_de_sodio)  
[Consultado: junio, 2013]

24. Tetrahidrofurano. <http://es.wikipedia.org/wiki/Tetrahidrofurano> [Consultado: junio, 2013]
25. **Kerstetter, J. (2005).** *Aminoácidos*.  
<http://www.ehu.es/biomoleculas/proteinas/prot2.htm#3>. [Consultado: Abril, 2013]
26. Wilkins, J., Moore, M., y Rodríguez, D. (1990). *Cosmetología de Harry*. Madrid: Diaz Santos. [Consultado: Abril, 2013]

## X. ANEXOS

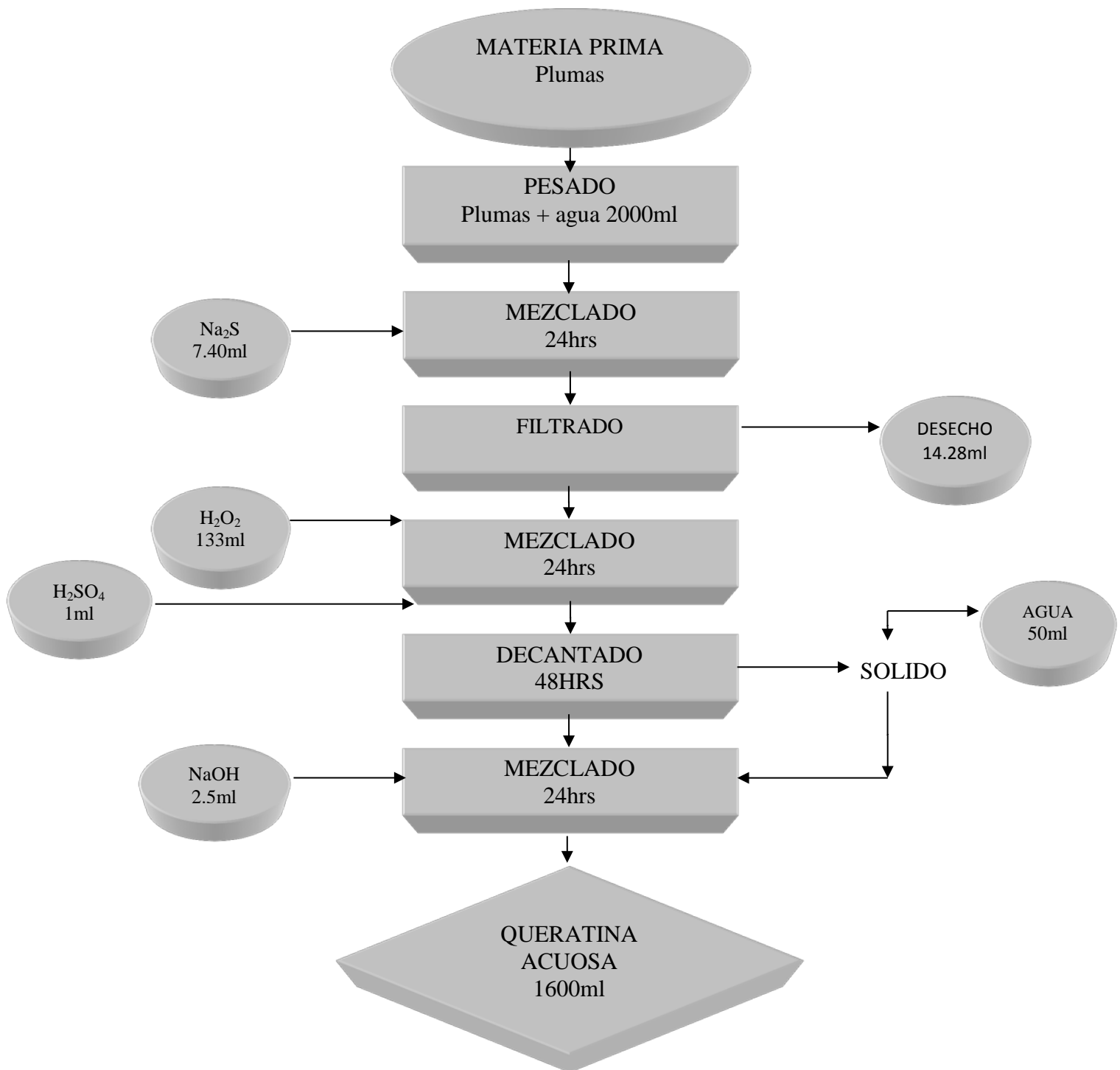
### 10.1. Diagrama de flujo del método de Sulfuro de sodio.

#### 10.1.1. Con plumas de gallina de patio a temperatura ambiente y con agitación continua.



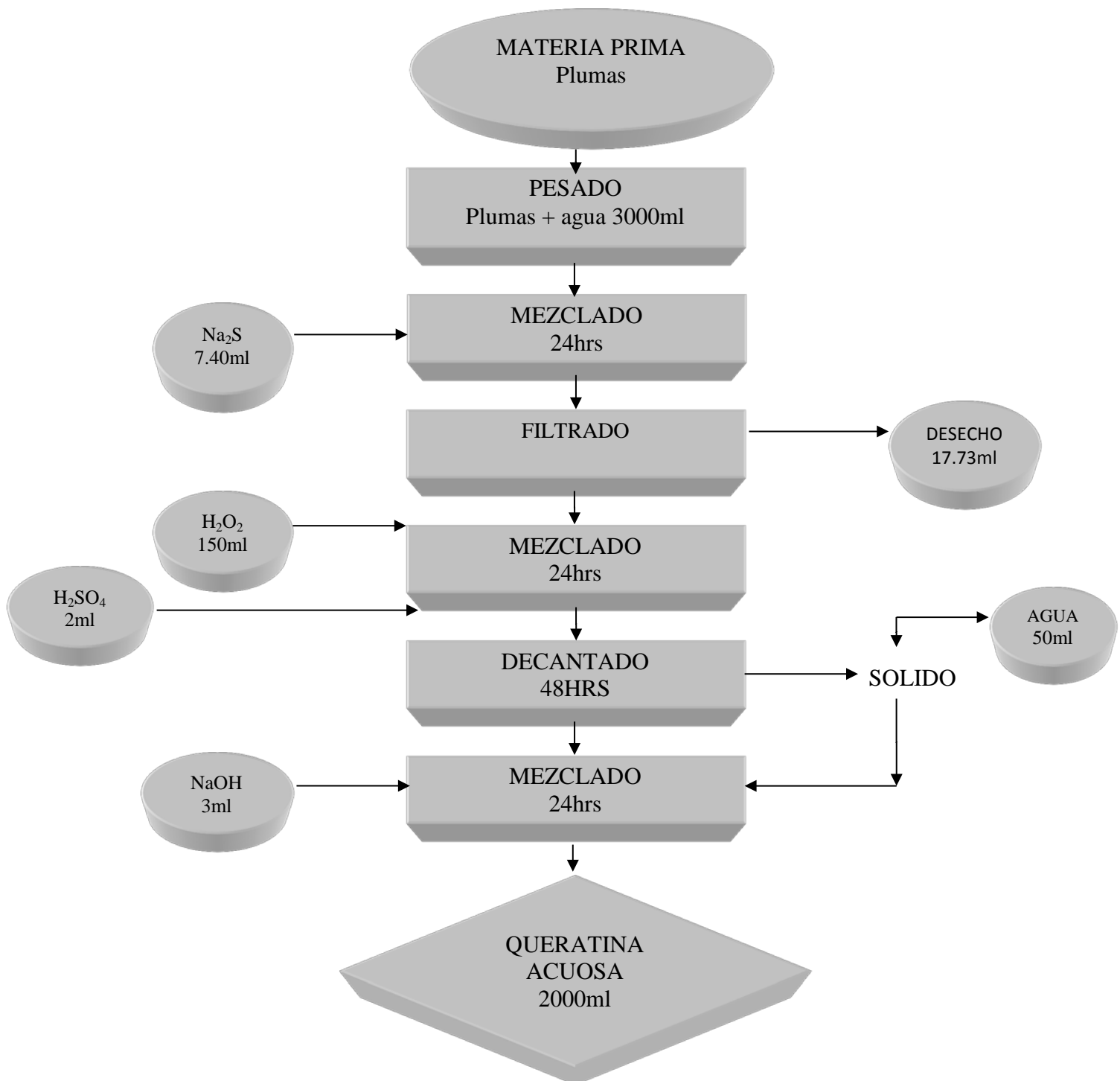
Fuente: elaboración propia

10.1.2. Con plumas de gallina de patio a temperatura de 60°C y con  
agitación continua.



Fuente: elaboración propia

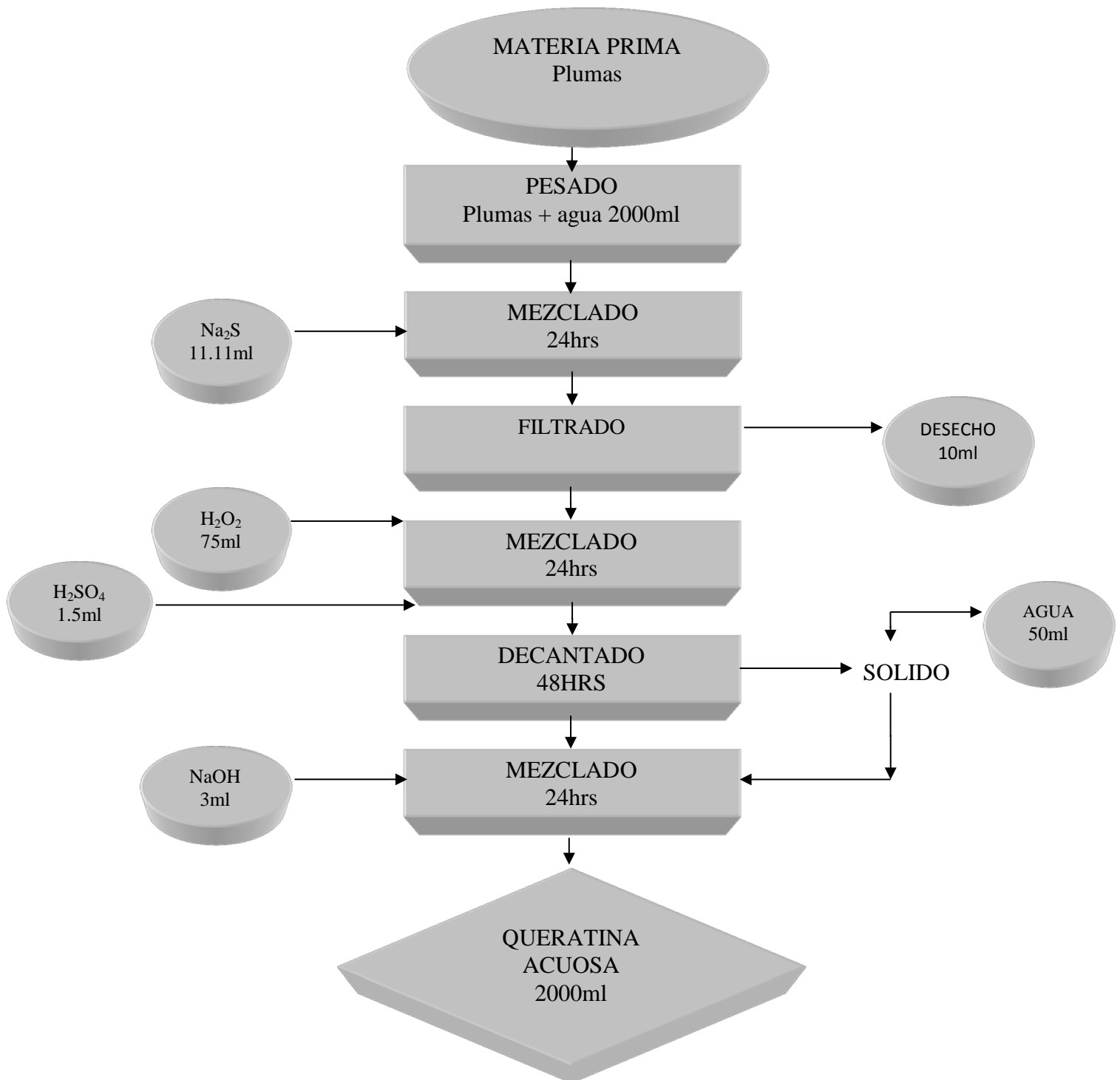
**10.1.3. Con plumas de gallina de patio a temperatura de 100°C y con  
agitación continua.**



*Fuente: elaboración propia*

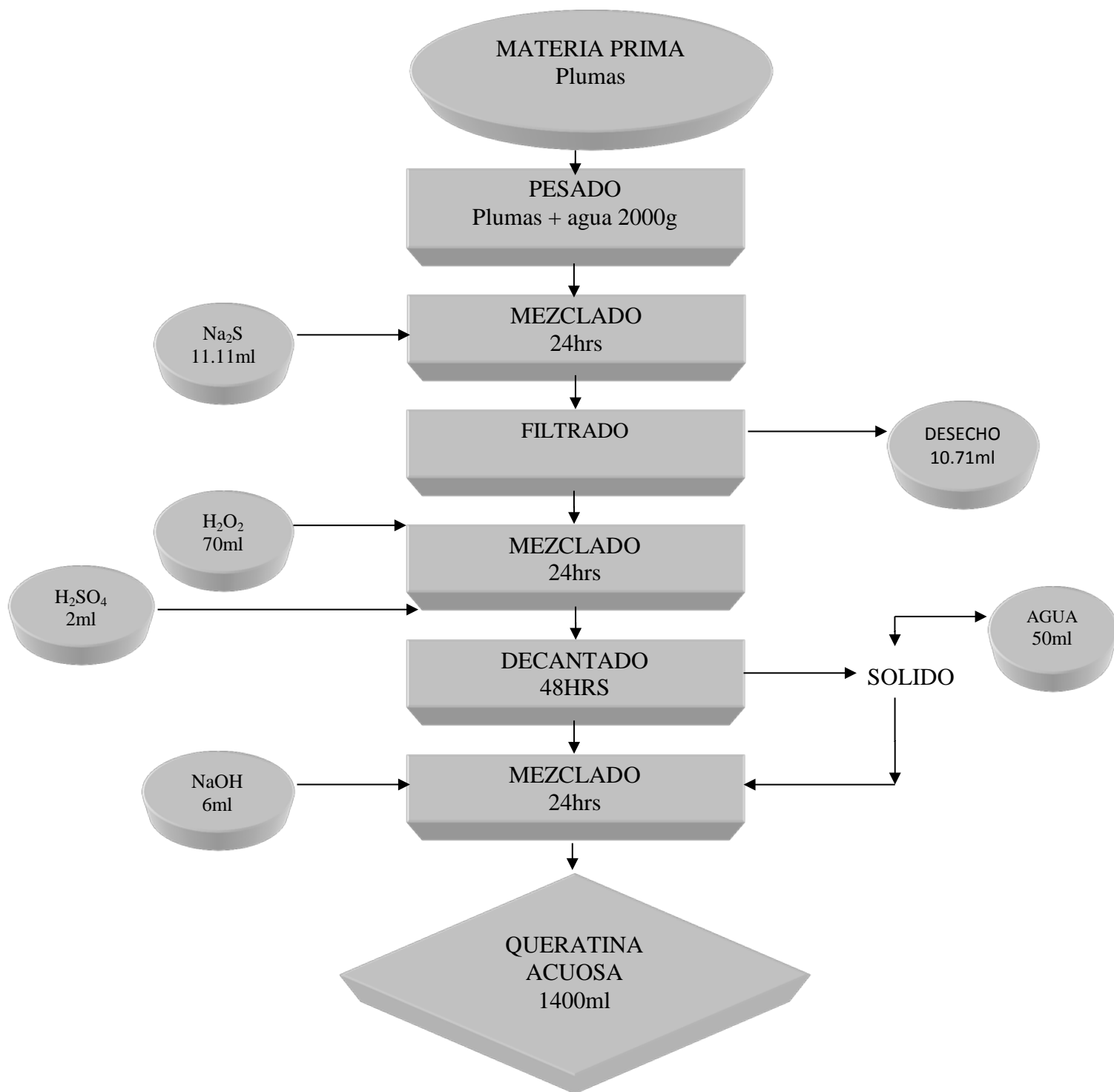


**10.1.4. Con plumas de gallina de granja a temperatura ambiente y con  
agitación continua.**



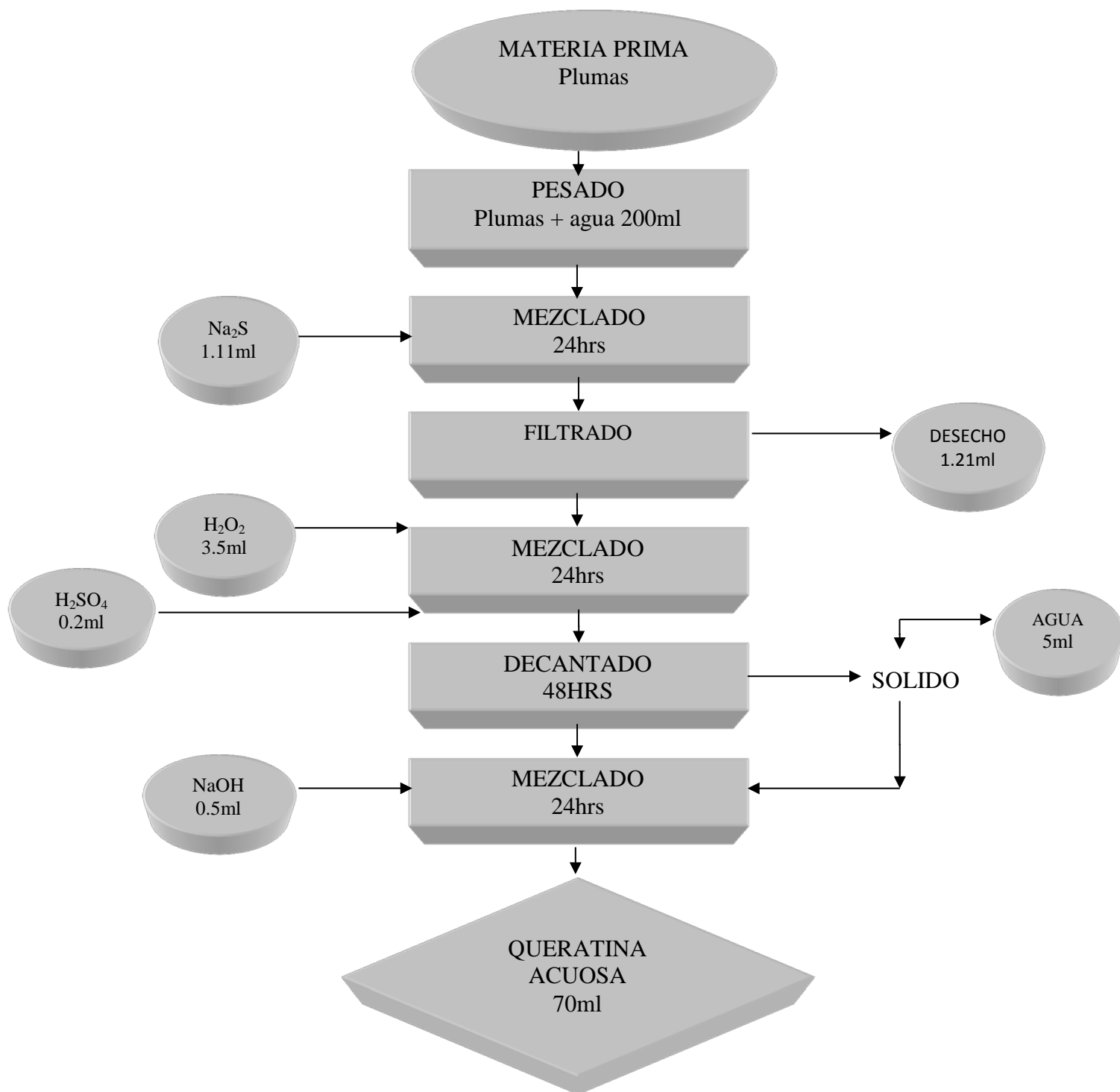
*Fuente: elaboración propia*

**10.1.5. Con plumas de gallina de granja a temperatura de 100°C y con  
agitación continua.**



*Fuente: elaboración propia*

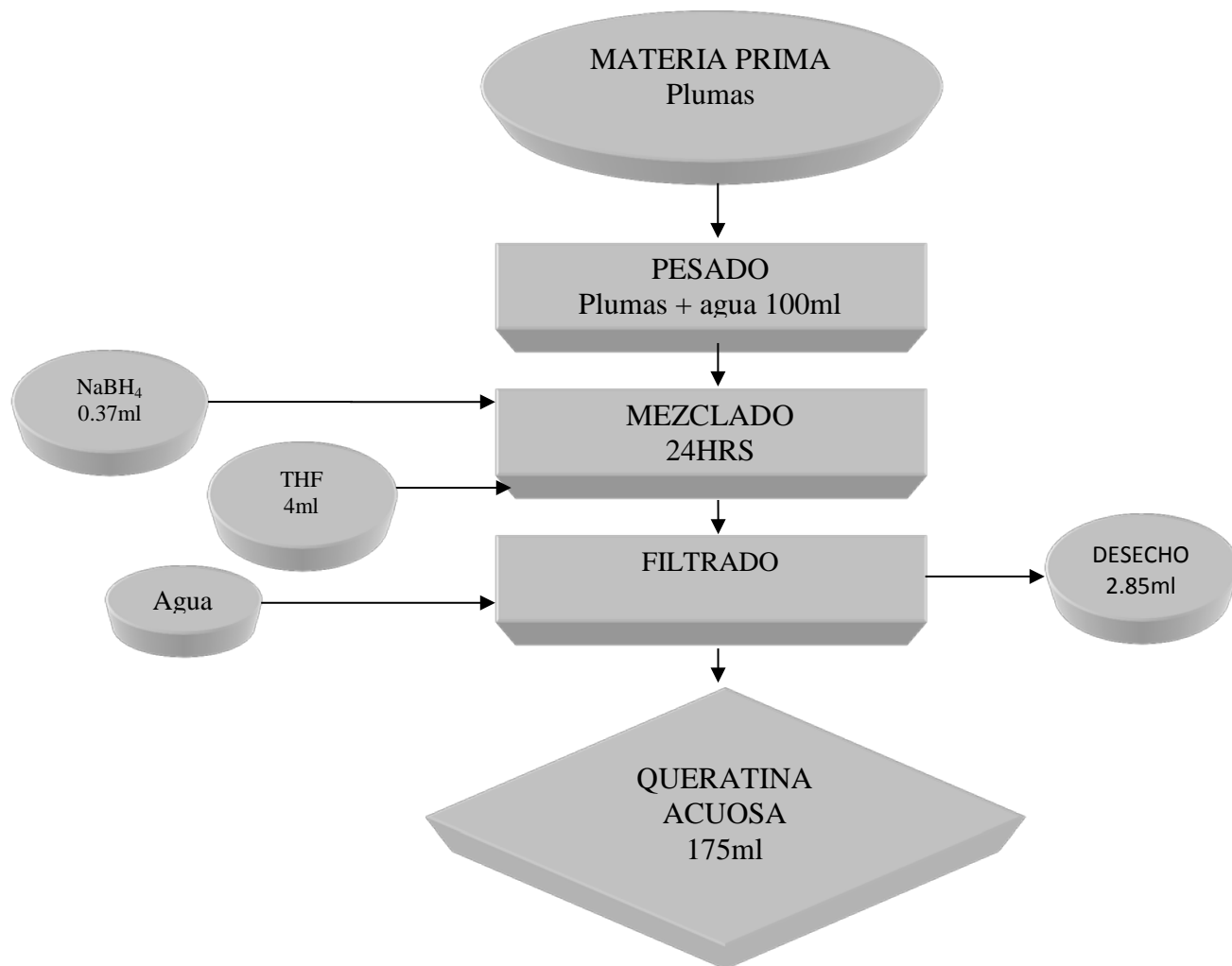
**10.1.6. Con plumas de gallina de granja a temperatura ambiente y sin agitación continua.**



Fuente: elaboración propia

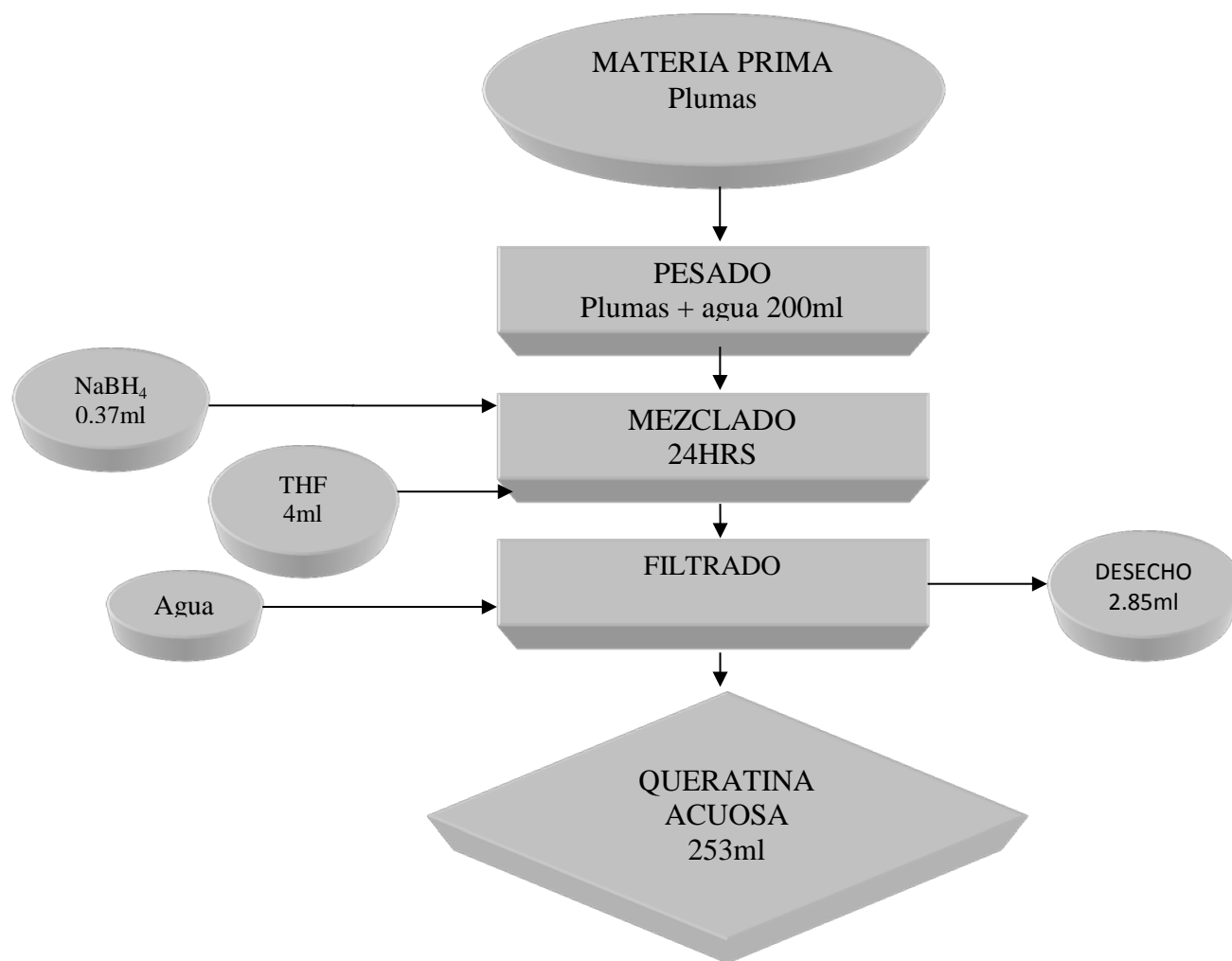
## 10.2. Diagrama de flujo del método de Borohidruro de sodio

### 10.2.1. Con plumas de gallina de granja a temperatura ambiente.



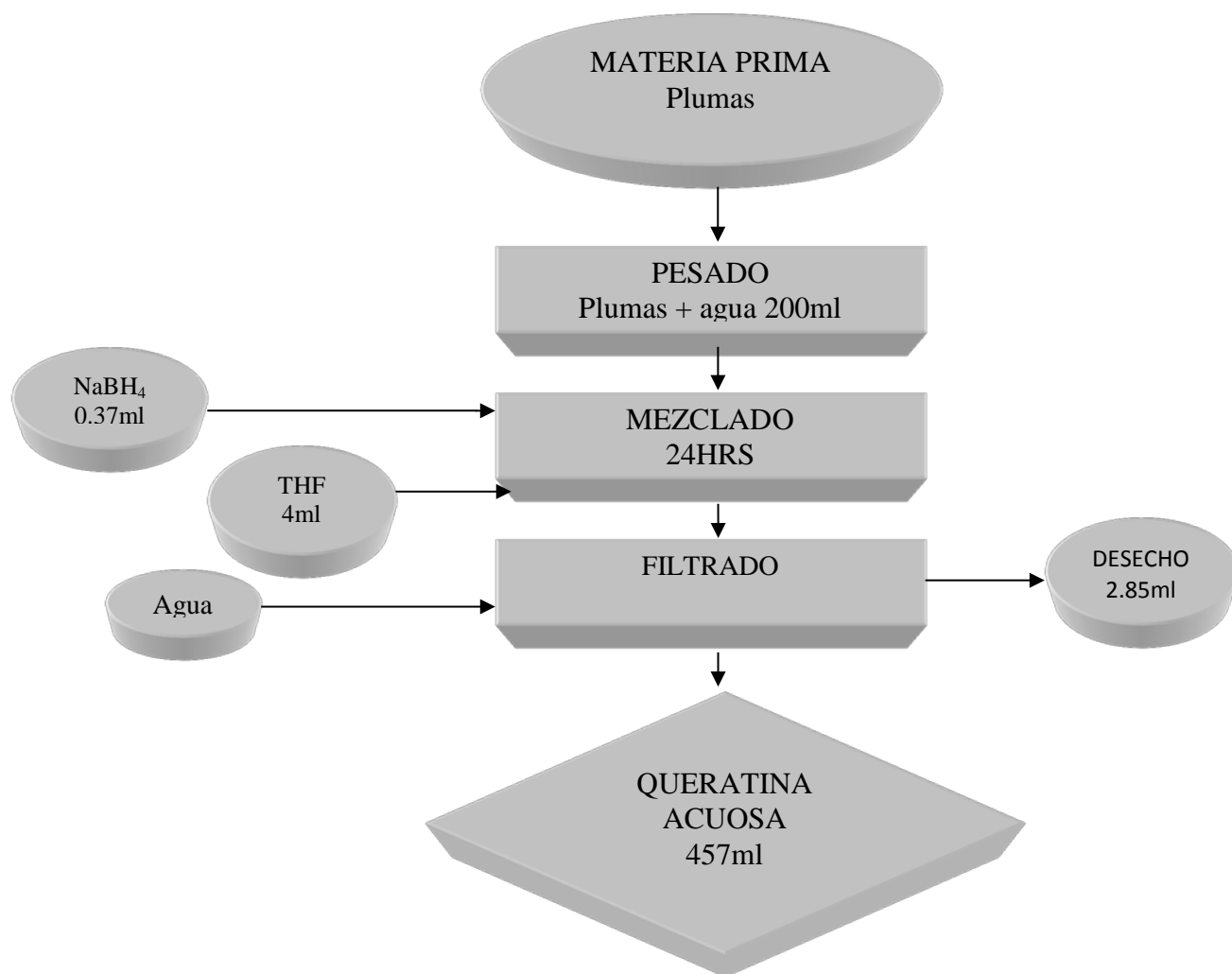
*Fuente: elaboración propia*

**10.2.2. Con plumas de gallina de granja a temperatura ambiente y con  
agitación.**



*Fuente: elaboración propia*

**10.2.3. Con plumas de gallina de granja a temperatura de 100°C y con  
agitación.**



*Fuente: elaboración propia*

### **10.3. Imágenes de queratina obtenida y queratina cosmética.**

**Ilustración 1 Método I con plumas de gallina de patio a temperatura ambiente**



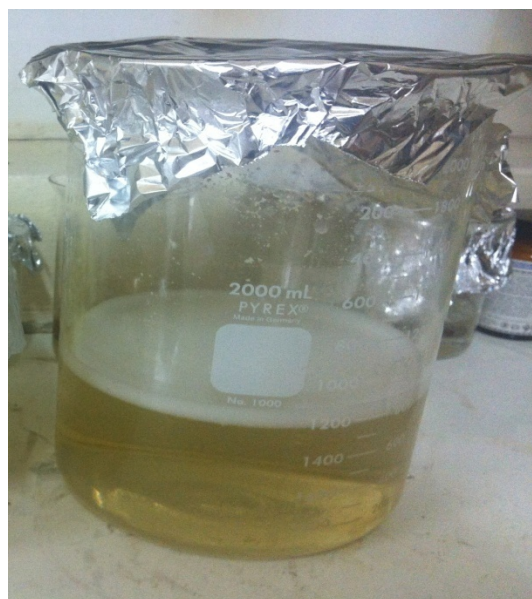
**Ilustración 2 Método I con plumas de gallina de patio a temperatura de 60°C**



**Ilustración 3 Método I con plumas de gallina de patio a temperatura de 100°C**



**Ilustración 4 Método I con plumas de gallina de granja a temperatura ambiente**





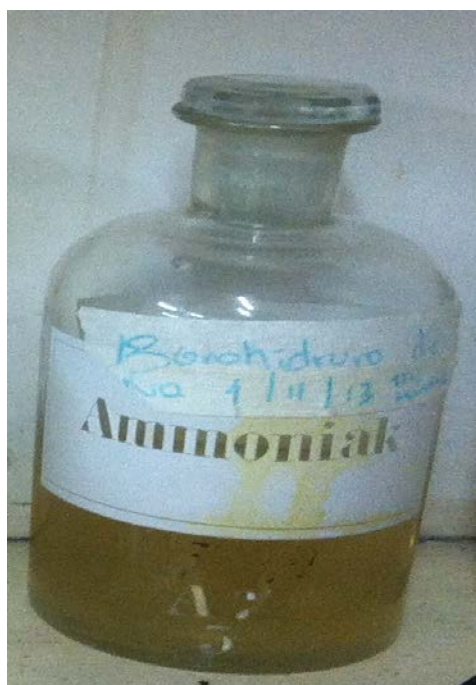
**Ilustración 5 Método I con plumas de gallina de granja a temperatura de 100°C**



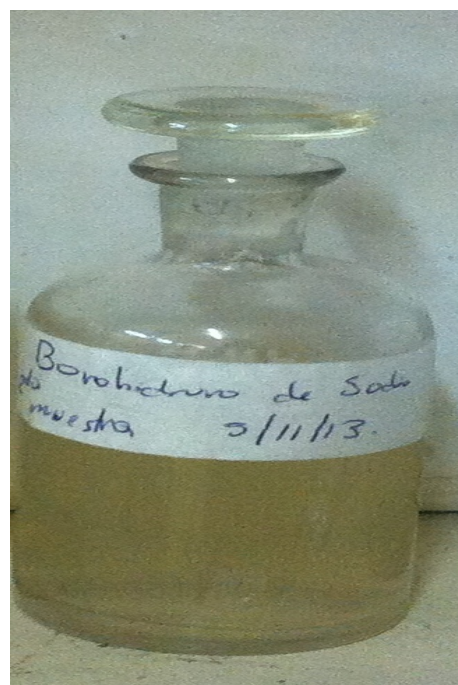
**Ilustración 6 Método I con plumas de gallina de granja a temperatura ambiente y sin agitación**



**Ilustración 7 Método II con plumas de gallina de granja**

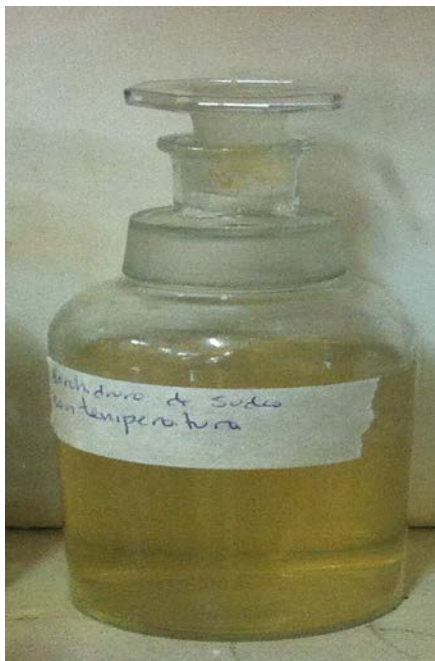


**Ilustración 8 Método II con plumas de gallina de granja a temperatura ambiente y con agitación continua**





**Ilustración 9 Método II con plumas de gallina de granja a temperatura de 100°C y con  
agitación continua**



**Ilustración 10 Queratina comercial de chocolate**



**Ilustración 11 Queratina comercial de vainilla**



**Ilustración 12 1er Muestra de plumas de gallina de granja con el método de sulfuro de sodio más crema base**



**Ilustración 13 1er Muestra de plumas de gallina de granja con el método de borohidruro de sodio más crema base**



**Ilustración 14 Cabello sin aplicación de queratina**



**Ilustración 15 Resultado del cabello con aplicación de queratina obtenida por el método I con plumas de gallina de granja**



**Ilustración 16 Cabello sin aplicación de queratina**



**Ilustración 17 Resultado del cabello con  
aplicación de queratina obtenida por el método II  
con plumas de gallina de granja**



#### 10.4. Tablas de resultados obtenidos de las muestras de queratina de gallina de patio por el método de sulfuro de sodio.

- 1) A T° Ambiente a partir de 30g de pluma de gallina de patio con un volumen de agua destilada de 3000ml y con 30g de sulfuro de sodio.

Tabla 1 de Análisis Fisicoquímicos de la Queratina Soluble obtenida a nivel de laboratorio.			
Parámetros	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
PH	7,02	7,1	7,03
Densidad g/ml	1,0068	1,0067	1,0055
Viscosidad referencia agua	0,49	0,87	0,90
Índice de refracción (Tabla)=2	1,3358	1,3358	1,3358
Sólidos Totales mg/L	3839	-	-

#### Volúmenes de reactivos agregados a la solución de queratina.

- Solución obtenida antes de la acidificación y neutralización = 1800ml
- Solución obtenida después de la acidificación = 1950,5 ml
- Volumen de solución obtenida después de la neutralización = 1953,5 ml
- Volumen gastado de peróxido de hidrogeno al 30 V = 150ml
- Volumen gastado de Hidróxido de sodio al 50% = 2,5ml
- Volumen gastado de ácido sulfúrico concentrado 36 N al 10% = 1,5ml
- Peso del residuo de plumas después del filtrado = 9,05g

- 2) A T de 60 grado °C a partir de 30g de pluma de gallina de patio con un volumen de agua destilada de 2000ml y con 20g de sulfuro de sodio.

Tabla 2 de Análisis Fisicoquímicos de la Queratina Soluble obtenida a nivel de laboratorio			
Parámetros	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
PH	5,81	5,79	5,77
Densidad	0,9988	0,9996	0,9988
Viscosidad referencia agua	1,00	0,99	0,98
Índice de refracción (tabla)=2	1,33587	1,33587	1,33587
Sólidos Totales mg/L	2241	-	-



**Volúmenes de reactivos agregados a la solución de queratina.**

- Solución obtenida antes de la acidificación y neutralización = 1600ml
- Solución obtenida después de la acidificación = 1950,5 ml
- Volumen de solución obtenida después de la neutralización = 1736,5 ml
- Volumen gastado de peróxido de hidrogeno al 30 V = 133ml
- Volumen gastado de Hidróxido de sodio al 50% = 2,5ml
- Volumen gastado de ácido sulfúrico concentrado 36 N al 10% = 1ml
- Peso del residuo de plumas después del filtrado = 20g

- 3) A T° de 100 grado C a partir de 30g de pluma de gallina de patio con un volumen de agua destilada de 3000ml y con 20g de sulfuro de sodio.

Tabla 3 de Análisis Fisicoquímicos de la Queratina Soluble obtenida a nivel de laboratorio			
Parámetros	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
PH	5,36	5,32	5,3
Densidad	1,0072	1,0072	1,0076
Viscosidad referencia agua	1,02	1,00	1,01
Índice de refracción (tabla)=2	1,33587	1,33587	1,33587
Sólidos Totales mg/L	2356	-	-

**Volúmenes de reactivos agregados a la solución de queratina.**

- Solución obtenida antes de la acidificación y neutralización = 2000ml
- Solución obtenida después de la acidificación = 2152 ml
- Volumen de solución obtenida después de la neutralización = 2155 ml
- Volumen gastado de peróxido de hidrogeno al 30 V = 150ml
- Volumen gastado de Hidróxido de sodio al 50% = 3ml
- Volumen gastado de ácido sulfúrico concentrado 36 N al 10% = 2ml
- Peso del residuo de plumas después del filtrado = 24,83g

**Tablas de resultados obtenidos de las muestras de queratina de con plumas de gallina de granja por el método de sulfuro de sodio.**

- 4) A T° Ambiente a partir de 50g de pluma de gallina de granja con un volumen de agua destilada de 2000ml y con 30g de sulfuro de sodio.

Tabla 4 de Análisis Fisicoquímicos de la Queratina Soluble obtenida a nivel de laboratorio			
Parámetros	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
PH	5,97	5,96	5,95
Densidad	1,0149	1,0141	1,0157
Viscosidad referencia agua	1,00	0,99	1,00
Índice de refracción (tabla)= 4	1,33879	1,33879	1,33879
Sólidos Totales mg/L	4284	-	-

**Volúmenes de reactivos agregados a la solución de queratina.**

- Solución obtenida antes de la acidificación y neutralización = 1500ml
- Solución obtenida después de la acidificación = 1576,5 ml
- Volumen de solución obtenida después de la neutralización = 1579,5 ml
- Volumen gastado de peróxido de hidrogeno al 30 V = 75ml
- Volumen gastado de Hidróxido de sodio al 50% = 3ml
- Volumen gastado de ácido sulfúrico concentrado 36 N al 10% = 1,5ml
- Peso del residuo de plumas después del filtrado = 14g

- 5) A T° de 100 grados C a partir de 50g de pluma de gallina de granja con un volumen de agua destilada de 2000ml y con 30g de sulfuro de sodio.

Tabla 5 de Análisis Fisicoquímicos de la Queratina Soluble obtenida a nivel de laboratorio			
Parámetros	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
PH	6,33	6,3	6,29
Densidad	1,0137	1,0148	1,0157
Viscosidad referencia agua	2,55	2,60	2,54
Índice de refracción (tabla)=4	1,33879	1,3388	1,33881
Sólidos Totales mg/L	5074	-	-

**Volúmenes de reactivos agregados a la solución de queratina.**

- Solución obtenida antes de la acidificación y neutralización = 1400ml
- Solución obtenida después de la acidificación = 1472,5 m ml
- Volumen de solución obtenida después de la neutralización = 1478,5 ml
- Volumen gastado de peróxido de hidrogeno al 30 V = 70ml
- Volumen gastado de Hidróxido de sodio al 50% = 6ml
- Volumen gastado de ácido sulfúrico concentrado 36 N al 10% = 2,5ml
- Peso del residuo de plumas después del filtrado = 15g

- 6) A T° Ambiente a partir de 5g de pluma de gallina de granja con un volumen de agua destilada de 200ml y con 3g de sulfuro de sodio.

Tabla 6 Análisis Fisicoquímicos de la Queratina Soluble obtenida a nivel de laboratorio			
Parámetros	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
PH	5,98	5,95	5,9
Densidad	1,0159	1,0153	1,0159
Viscosidad referencia agua	1,19	1,05	1,05
Índice de refracción (tabla)=3	1,33732	1,33732	1,33732
Sólidos Totales mg/L	6131	-	-

**Volúmenes de reactivos agregados a la solución de queratina.**

- Solución obtenida antes de la acidificación y neutralización = 70ml
- Solución obtenida después de la acidificación = 73,7 ml
- Volumen de solución obtenida después de la neutralización = 74,2 ml
- Volumen gastado de peróxido de hidrogeno al 30 V = 3,5ml
- Volumen gastado de Hidróxido de sodio al 50% = 0,5ml
- Volumen gastado de ácido sulfúrico concentrado 36 N al 10% = 0,2ml
- Peso del residuo de plumas después del filtrado = 1,70g

**Tablas de resultados obtenidos de las muestras de queratina de con plumas de gallina granja por el método de Borohidruro de sodio.**

- 7) A T° ambiente sin agitación a partir de 5g de pluma de gallina de granja con un volumen de agua destilada de 100ml y con 1g de Borohidruro de sodio.

<b>Tabla 7 de Análisis Fisicoquímicos de la Queratina Soluble obtenida a nivel de laboratorio</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>Prueba 1</b>	<b>Prueba 2</b>	<b>Prueba 3</b>
PH	9,85	9,87	9,89
Densidad	1,0064	1,0068	1,0056
Viscosidad referencia agua	0,97	1,00	1,00
Índice de refracción (tabla)=3	1,33732	1,33732	1,33732
Sólidos Totales mg/L	3359	-	-

**Volúmenes de reactivos agregados a la solución de queratina.**

- volumen de la muestra = 105ml
- volumen de solución obtenida después de la filtración = 75 ml
- volumen de solución obtenida después de aforar = 175 ml
- volumen añadido de Tetrahidrofurano = 4ml
- volumen añadido Borohidruro de sodio = 1ml
- Agua destilada agregada para aforar = 100ml
- Peso del residuo de plumas después del filtrado = 4g

- 8) A T° ambiente en agitación a partir de 5g de pluma de gallina de granja con un volumen de agua destilada de 200ml y con 1g de Borohidruro de sodio.

<b>Tabla 8 de Análisis Fisicoquímicos de la Queratina Soluble obtenida a nivel de laboratorio</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>Prueba 1</b>	<b>Prueba 2</b>	<b>Prueba 3</b>
PH	9,83	9,86	9,85
Densidad	0,9984	1,0145	1,0141
Viscosidad referencia agua	0,96	0,98	0,99
Índice de refracción (tabla)=1	1,33299	1,33299	1,33299
Sólidos Totales mg/L	1203	-	-



**Volúmenes de reactivos agregados a la solución de queratina.**

- volumen de la muestra = 205ml
- volumen de solución obtenida después de la filtración = 153 ml
- volumen de solución obtenida después de aforar = 253 ml
- volumen añadido de Tetrahidrofurano = 4ml
- volumen añadido Borohidruro de sodio = 1ml
- Agua destilada agregada para aforar = 100ml
- Peso del residuo de plumas después del filtrado = 4g

- 9) A °T de 100 °C con agitación a partir de 5g de pluma de gallina de granja con un volumen de agua destilada de 200ml y con 1g de Borohidruro de sodio.

<b>Tabla 9 de Análisis Fisicoquímicos de la Queratina Soluble obtenida a nivel de laboratorio</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>Prueba 1</b>	<b>Prueba 2</b>	<b>Prueba 3</b>
PH	9,49	9,50	9,48
Densidad	1,0057	1,0077	1,0085
Viscosidad referencia agua	1,02	1,03	1,03
Índice de refracción (tabla)=1	1,33299	1,33299	1,33299
Sólidos Totales mg/L	1826	-	-

**Volúmenes de reactivos agregados a la solución de queratina.**

- volumen de la muestra = 205ml
- volumen de solución obtenida después de la filtración = 157 ml
- volumen de solución obtenida después de aforar = 457 ml
- volumen añadido de Tetrahidrofurano = 4ml
- volumen añadido Borohidruro de sodio = 1ml
- Agua destilada agregada para aforar = 200ml
- Peso del residuo de plumas después del filtrado = 4g

## XI. GLOSARIO

- **Alanina:** es uno de los aminoácidos que forman las proteínas de los seres vivos. Es el aminoácido más pequeño después de la glicina y se clasifica como hidrófobo, es un aminoácido no esencial para el ser humano pero es de gran importancia. Es uno de los 20 aminoácidos más ampliamente usados en biosíntesis de proteína.
- **Biocromos:** Pigmentos biológicos que producen el color de las plumas.
- **Biopolímeros:** son macromoléculas presentes en los seres vivos. El biopolímero más abundante en la tierra es la celulosa.
- **Cisteína:** es un  $\alpha$ -aminoácido no esencial, lo que significa que puede ser sintetizado por los humanos. La parte de la cadena donde se encuentra la cisteína es el tiol que es no polar y por esto la cisteína se clasifica normalmente como un aminoácido hidrofílico.
- **Cistina:** es un dímero de dos cisteínas unido por sus grupos funcionales tiol a través de un puente disulfuro. Tiene un punto de ebullición entre 247 y 249 °C.
- **Dímero:** es un complejo macromolecular formado por dos macromoléculas, como proteínas y ácidos nucleicos, usualmente mediante enlaces no covalentes. Es un tipo de estructura cuaternaria de las proteínas.
- **Epidermis:** en los vertebrados es la capa externa de la piel. La epidermis es la barrera más importante del cuerpo al ambiente externo hostil y se nutre por difusión desde la dermis.
- **Epitelio:** es el tejido formado por una o varias capas de células unidas entre sí, que puestas recubren todas las superficies libres del organismo, y constituyen el revestimiento interno de las cavidades, órganos huecos, conductos del cuerpo, así como forman las mucosas y las glándulas.
- **Esquemacromos:** son ilusiones ópticas provocadas por la estructura de las plumas de muchas aves. Las plumas blancas, el ejemplo más simple de un esquemacromo, no tienen pigmentos, por lo cual, toda la luz que reciben es reflejada. Muchos de los colores que vemos en las aves, son el resultado de la descomposición del espectro solar en los colores del arco iris, que es reflejado o absorbido, como luz que se proyecta sobre la pluma y es rechazada hacia los ojos del observador.
- **Filamentos:** son componentes del cito esqueleto, formados por agrupaciones de proteínas fibrosas. Se componen de proteínas en alfa-hélice, que se agrupan de forma jerárquica para dar lugar a los filamentos.

- **Glicina o glicocola:** es uno de los aminoácidos que forman las proteínas de los seres vivos. La glicina actúa como neurotransmisor inhibitorio en el sistema nervioso central.
- **Hidrófobos:** significa que no se disuelve en el agua